Tech. 24 Sta Bibliothek

<36611989450013

<36611989450013

Bayer. Staatsbibliothek

Elektrotechnische Bibliothek. Bd. I.

DIE

ELEKTRISCHE BELEUCHTUNG

IN

SYSTEMATISCHER BEHANDLUNG.
CONSTRUCTION UND BETRIEBSVERHÄLTNISSE DER
LICHTMASCHINEN, ELEKTRISCHEN LAMPEN
UND KERZEN.

FÜR INGENIEURE, ARCHITEKTEN, INDUSTRIELLE UND
DAS GEBILDETE PUBLIKUM

VON

A. MERLING,

**Kaiserlicher Provinzial-Telegraphen-Director (Oberregierungsrath) z. D.,
Docent der Elektrotechnik an der Königlichen technischen Hochschule zu Hannover,
Ritter des Rothen Adler-Ordens III. Klasse mit der Schleife.**

MIT IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

BRAUNSCHWEIG,
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.
1882.

358 D

BAIERISCHE STAATS BIBLIOTHEK MUENCHEN

ANKÜNDIGUNG.

Die „Elektrotechnische Bibliothek“ soll in einer Anzahl von Bänden die technische Anwendung der Elektricität nach derzeitigem Standpunkte behandeln, und zwar in der Weise, dass jeder Band ein abgeschlossenes Capitel enthält, so dass das Ganze aus einer Reihe von selbständigen Werken besteht, die durch einen gemeinschaftlichen Titel zusammengehalten werden und, wo nöthig, auf einander Bezug nehmen.

In dem hier vorliegenden ersten Bande wird in dieser Weise behandelt:

1. Die elektrische Beleuchtung.

Sodann sollen von demselben Verfasser folgen:

2. Die elektrischen Uhren.
3. Das elektrische Signalwesen.
4. Die elektrische Kraftübertragung (Kraftmaschinen).
5. Die Telephonie.
6. Die Blitzableiter der Gebäude und zum Schutz elektrotechnischer Einrichtungen.
7. Die elektrische Sprengtechnik.
8. Alle sonstigen Anwendungen der Elektricität zu technischen Zwecken.

Braunschweig, im October 1882.

Friedrich Vieweg und Sohn.

ELEKTROTECHNISCHE BIBLIOTHEK.

ERSTER BAND.

DIE

ELEKTRISCHE BELEUCHTUNG

IN

SYSTEMATISCHER BEHANDLUNG.

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

ELEKTROTECHNISCHE BIBLIOTHEK.

ERSTER BAND.

DIE

ELEKTRISCHE BELEUCHTUNG

IN

SYSTEMATISCHER BEHANDLUNG.
CONSTRUCTION UND BETRIEBSVERHÄLTNISSE DER
LICHTMASCHINEN, ELEKTRISCHEN LAMPEN
UND KERZEN.

FÜR INGENIEURE, ARCHITEKTEN, INDUSTRIELLE UND
DAS GEBILDETE PUBLIKUM

VON

A. MERLING,

Kaiserlicher Provinzial-Telegraphen-Director (Oberregierungsrath) z. D.,
Docent der Elektrotechnik an der Königlichen technischen Hochschule zu Hannover,
Ritter des Rothen Adler-Ordens III. Klasse mit der Schleife.

MIT IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

BRAUNSCHWEIG,
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.
1882.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Alle Rechte vorbehalten.

BAYERISCHE
STAATS-
BIBLIOTHEK
MUENCHEN

VORREDE.

Die Anwendung der Elektricität im gewerblichen und industriellen Leben hat täglich Fortschritte zu verzeichnen. In neuester Zeit ist die Aufmerksamkeit vorwiegend auf die elektrische Beleuchtung gerichtet; und diejenigen Techniker, welche mit der Beleuchtung Befassung haben, sei es auch nur durch Entwürfe zu grösseren Bauten, öffentlichen Localen, Verkaufshallen, Fabriken etc., sind nothwendig gehalten, der Anwendung des elektrischen Lichtes näher zu treten. Der Wunsch nach Belehrung über diesen neuen technischen Zweig ist indess auch in weiteren Kreisen rege; überall verlangt man aber eine möglichst kurz gefasste und dennoch lückenlose Darstellung, welche ohne namhaften Zeitaufwand zum Ziele führt.

Sofern es sich bei der elektrischen Beleuchtung um ausgedehntere Anwendungen und um Erzeugung der Elektricität durch Lichtmaschinen handelt, sind die Verhältnisse nicht einfach. Diesen weniger einfachen Verhältnissen lässt sich aber nicht ausweichen, weil die Lichtmaschinen das einzige Mittel zur billigen Erzeugung der Elektricität bieten, worauf sich der allgemeinere Gebrauch des elektrischen Lichtes vorzugsweise gründet. Dennoch lassen sich die Schwierigkeiten überwinden, durch systematischen Gang der Darstellung, bündigen Zusammenhang der nothwendigen Betrachtungen, unter Einbeziehung einzelner einfacher, durchsichtiger Formen in den Text, durch Verknüpfung der unvermeidlichen physikalischen

Erörterungen mit den bezüglichen Vorgängen, also mit der Anwendung, und demnächst durch geeignete Folge weiterer, beachtenswerther Constructionen, mit den erforderlichen allgemeinen und speciellen Ausführungen.

Diese Richtung war für die vorliegende Arbeit maassgebend, welche deshalb zwei vollständig von einander getrennte Abschnitte bildet, deren erster die elektrische Beleuchtung im Zusammenhange behandelt, während der zweite Abschnitt vorzugsweise die Construction der Lichtmaschinen, Lampen und Kerzen trifft, welcher sich auf die gesammte Ausführung gestützte Ergänzungen anschliessen. Mit diesem zweiten Abschnitt wird ein möglichst vollständiges Bild von den wesentlichsten Einrichtungen auf dem Constructionsgebiete geliefert.

Die einfache Betrachtung blosser Formen führt leicht zur Ermüdung, selbst dann, wenn die Constructionsprincipien wechseln, sofern nicht durch angemessene Vorbereitung das Interesse am Gegenstande in entsprechendem Maasse gehoben, das Verständniss in solchem Grade entwickelt ist, dass die Kritik mitwirken kann. Ein solches Maass von Theilnahme wird aber durch den Inhalt des ersten Abschnittes gesichert, welcher in systematischem Gange, bei einfachster Darstellung, als leichte Lektüre zu betrachten ist und namentlich auch sogenannte Geduldsproben ausschliesst, die im zweiten Abschnitte wiederum durch gesteigertes Interesse, zulässigste Kürze, bei zweckmässiger Folge der Betrachtungen und durch übersichtliche Figuren vermieden werden.

Sollten dennoch einzelnen Lesern gewisse eingehendere Ausführungen des ersten Abschnittes für den Eintritt unbequem erscheinen, so wird das Gesammtbild auch wenig dadurch gestört, dass man über solche Stellen leichter hinweggeht und erst später darauf zurückgreift, wenn sich das Bedürfniss dazu, im Fortgange der Information, stärker fühlbar macht.

Mit einer derartigen Haltung der Arbeit dürfte namentlich denjenigen Lesern gedient sein, welche dem Gegenstande bisher fern gestanden haben oder welche durch ihre Geschäfte behindert sind, dem tiefern Eindringen in denselben längere Zeit zu widmen.

Im Uebrigen war das Bestreben dahin gerichtet, eine Arbeit zu liefern, welche auch in der allgemein verständlichen Darstellung vorwiegend das Wesen des Gegenstandes trifft, somit das Verständniss nicht nur für jede beliebige Form sichert, sondern auch zur eigenen Thätigkeit auf dem Constructionsgebiete anregt und darin einen dauernden Werth erhält.

Wenn es hiernach und mit Rücksicht auf den dermaligen Stand der elektrischen Beleuchtung auch nicht von Erheblichkeit ist, einige Formen mehr oder weniger zu präsentiren, deren grosse Zahl überdies hat eingeschränkt werden müssen, um die gute Uebersicht über die wesentlicheren Verhältnisse zu bewahren, so sind die Ergebnisse der bisherigen elektrotechnischen Ausstellungen doch in weitestem Umfange berücksichtigt.

Die einzelnen Fragen zu concentriren, ist nicht überall durchführbar gewesen; durch Beigabe eines vollständigen Sachregisters ist aber der Zusammenhang gesichert und durch angefügtes Namenregister die Uebersicht wesentlich unterstützt.

Hannover, im October 1882.

Der Verfasser.

INHALT.

Erster Abschnitt.

Systematische Behandlung der elektrischen Beleuchtung.

		Seite
§. 1.	Allgemeine Betrachtungen über die elektrische Beleuchtung .	1
§. 2.	Wärmeentwicklung und Lichtbildung im elektrischen Strom (Joule'sches und Ohm'sches Gesetz)	7
§. 3.	Vertheilung der Wärme im praktischen Schliessungskreise .	10
§. 4.	Die dynamo-elektrische Maschine (Construction Siemens) .	26
§. 5.	Vorgänge in der dynamo-elektrischen Maschine	29
§. 6.	Constanten und Arbeitsaufwand	35
§. 7.	Leistung der dynamo-elektrischen Maschine	47
§. 8.	Die elektrische Lampe (Construction Brush) und deren Einfluss auf den Betrieb	59
§. 9.	Die Kohle, deren Verhalten und Einfluss auf die Lichtbildung, sowohl im continuirlichen Strom wie bei Wechselströmen (Jablochkoff'sche Kerze)	68
§. 10.	Lichtstärken und Richtung der Lichtstrahlen	77
§. 11.	Wechselstrommaschinen, Bildung mehrerer Kreise aus denselben und Theilung des elektrischen Lichts	80
§. 12.	Praktisches Maass für die elektrische Beleuchtung	85
§. 13.	Incandescenz-Beleuchtung (System Reynier)	88
§. 14.	Kosten der elektrischen Beleuchtung	96
§. 15.	Verbindung mehrerer Maschinen in demselben Kreise . . .	104
§. 16.	Messungen	107
§. 17.	Leitungsdrähte, Leitungsanlage und Installation	127

Zweiter Abschnitt.

Lichtmaschinen, Lampen und Kerzen verschiedener Construction.

Erste Abtheilung: Lichtmaschinen.

Seite

§. 18. Die dynamo-elektrische Maschine von Gramme 148
§. 19. Dynamo-elektrische Maschine von Fitzgerald 157
§. 20. Dynamo-elektrische Maschine von Schuckert 158
§. 21. Dynamo-elektrische Maschine von Naglo 159
§. 22. Dynamo-elektrische Maschine von Fein 160
§. 23. Specielle Betrachtung des Siemens'schen Cylinders (Inductor) 162
§. 24. Dynamo-elektrische Maschine von Brush 165
§. 25. Dynamo-elektrische Maschine von Heinrichs 169
§. 26. Wechselstrommaschine von Siemens 172
§. 27. Wechselstrommaschine von Gramme 177
§. 28. Combinirte Wechselstrommaschine von Gramme 179
§. 29. Wechselstrommaschine von Jablochkoff 181
§. 30. Ergänzende Betrachtungen über die Lichtmaschinen . . . 184
§. 31. Neueste dynamo-elektrische Maschine von Siemens . . . 201
§. 32. Magnet-elektrische Maschine von Méritens 207
§. 33. Neueste dynamo-elektrische Maschine von Gramme . . . 215
§. 34. Dynamo-elektrische Maschine von Weston 220
§. 35. Dynamo-elektrische Maschine von Bürgin 222
§. 36. Dynamo-elektrische Maschine von Muirhead und Hopkinson 225
§. 37. Dynamo-elektrische Maschine von Jürgensen und Lorenz 227
§. 38. Dynamo-elektrische Maschine von Gülcher 230
§. 39. Dynamo-elektrische Maschine von Ball (Arago) 231
§. 40. Dynamo-elektrische Maschine von Edison 233
§. 41. Dynamo-elektrische Maschine von Lachaussée 237
§. 42. Dynamo-elektrische Maschine von Andrew 239
§. 43. Dynamo-elektrische Maschine von Maxim zur Incandescenz-Beleuchtung 242

Zweite Abtheilung: Elektrische Lampen und Kerzen.

a. Lampen für continuirlichen Strom.

§. 44. Elektrische Lampe von Foucault-Duboscq 248
§. 45. Elektrische Lampe von Serrin-Lontin 252
§. 46. Elektrische Lampe von Fontaine 255

Seite

§. 47. Elektrische Lampe von Jaspar 257
§. 48. Elektrische Lampe von Holcombe 260
§. 49. Elektrische Lampe von Tschikoleff 262
§. 50. Elektrische Lampe von Schuckert 264
§. 51. Elektrische Lampe von Million 267
§. 52. Elektrische Lampe von Bürgin 269
§. 53. Elektrische Lampe von Mackenzie 271
§. 54. Elektrische Lampe von Crompton 273
§. 55. Elektrische Lampe von Wood 276
§. 56. Elektrische Lampe von Heinrichs 277
§. 57. Elektrische Lampe von Lescuyer 281
§. 58. Elektrische Lampe von Hedges 282
§. 59. Elektrische Lampe von Barton 284
§. 60. Elektrische Lampe von Harrison 285
§. 61. Elektrische Lampe von Mersanne 287
§. 62. Elektrische Lampe von Sedlaczek 289
§. 63. Elektrische Lampe von Gramme 290
§. 64. Elektrische Lampe von Weston 293
§. 65. Elektrische Lampe von Andrew 295
§. 66. Elektrische Lampe von Naglo 296
§. 67. Elektrische Lampe von Gülcher 298
§. 68. Elektrische Horizontal-Lampe von Siemens 301
§. 69. Elektrische Lampe von Solignac 303
§. 70. Elektrische Lampe von Maxim 304
§. 71. Elektrische Lampe von Clark 307
§. 72. Elektrische Lampe von Siemens & Halske (Uebergangsform) 310
§. 73. Elektrische Lampe von Siemens & Halske (Hefner-Alteneck) 311
§. 74. Sonstige Constructionen und ergänzende Betrachtungen über die Lampenconstructionen 313

b. Elektrische Kerzen.

§. 75. Jablochkoff's Erfindung 342
§. 76. Elektrische Kerzen von Siemens & Halske 344
§. 77. Elektrische Kerze von Andrew 346
§. 78. Elektrische Kerze von Jamin 347
§. 79. Elektrische Kerze von Clerc (Bureau) 350

c. Elektrische Lampen für Wechselströme.

§. 80. Differential-Lampe von Siemens & Halske 354
§. 81. Differential-Lampe von Gérard 359
§. 82. Differential-Lampe von Krizik 362
§. 83. Ergänzende Betrachtungen über Wechselstromlampen . . . 365

d. Incandescenz-Lampen.

Seite

§. 84. Incandescenz-Lampe von Jablochkoff 366
§. 85. Incandescenz-Lampe von Edison 369
§. 86. Incandescenz-Lampe von Werdermann 371
§. 87. Incandescenz-Lampe von Gordon 372
§. 88. Incandescenz-Lampe von Konn 373
§. 89. Incandescenz-Lampe von Joel 374
§. 90. Incandescenz-Lampe von Brougham 376
§. 91. Incandescenz-Lampe von Mandon 377
§. 92. Incandescenz-Lampe von Lescuyer 378
§. 93. Incandescenz-Lampe von Easton 379
§. 94. Incandescenz-Lampe von Swan 380
§. 95. Incandescenz-Lampe von Maxim 384
§. 96. Sonstige Constructionen für Incandescenz-Beleuchtung . . . 387
§. 97. Ergänzende Betrachtungen über Installationen und Betriebsverhältnisse 400
§. 98. Schlusswort 457

Anhang 460

Nachträge 468

Namenregister 490

Sachregister 494

Erster Abschnitt.

Systematische Behandlung der elektrischen Beleuchtung.

---

§. 1.

Allgemeine Betrachtungen über die elektrische Beleuchtung.

Das elektrische Licht hat in neuerer Zeit mehrfach praktische Anwendung gefunden, sowohl für den Privatgebrauch wie für die öffentliche Beleuchtung. Es lässt sich in allen Stärken darstellen, ist aber in ökonomischer Beziehung bis jetzt dem Gaslicht nur da überlegen, wo es sich um eine bedeutendere Lichtausgabe handelt, wie für intensive Beleuchtung grosser geschlossener oder offener Räume, ausgedehnter Werkstätten, öffentlicher Gebäude, Versammlungsorte, öffentlicher Plätze und Strassenzüge, ausgedehnter Actionen im Freien, der Meeresküsten, Meeresflächen und anderer grosser Wasserwege, sowie zur Bildung weitreichender Lichtsignale etc. In allen diesen Fällen ist das elektrische Licht bestimmt, eine grössere Zahl von Gasflammen zu ersetzen oder die Beleuchtung da einzuführen, wo dieselbe mittelst des Gaslichtes, wegen zu bedeutenden Kostenaufwandes, wegen mangelnden Glanzes, schwieriger Anlage etc. nicht in genügendem Maasse oder nach Zeit und Umständen überhaupt nicht zu erreichen war.

Im Allgemeinen wird angenommen, dass ein durch 20 bis 25 Gasflammen erhellter Raum auch in ökonomischer Beziehung

durch elektrisches Licht vortheilhafter beleuchtet werden könne. Dazu müssten aber doch die Verhältnisse besonders günstig liegen, welche auf billige Erzeugung der Elektricität Einfluss haben. Am höchsten stellen sich die Kosten dafür bei Anwendung galvanischer Batterien und am niedrigsten beim Gebrauch dynamoelektrischer Maschinen, in denen mechanische Bewegung in Elektricität umgesetzt wird. Die mechanische Arbeit liefern dabei entweder Dampfmaschinen oder Gasmotoren, falls nicht etwa Naturkräfte (Wasser, Wind) zur directen Verwendung verfügbar sind. Die Dampfmotoren erfordern zu ihrem Betriebe Kohlen, Holz etc., die Gaskraftmaschinen Leuchtgas, welches bei der Gasbeleuchtung das Licht direct erzeugt.

Zur allgemeinen Beurtheilung der Kosten des elektrischen Lichtes kann ein Vergleich der Ausgaben an verbrauchtem Batteriematerial resp. an Verbrauchsmaterial für die Kraftmotoren mit der zur Bildung des elektrischen Lichtes gewonnenen Wärme dienen. Die hierauf gerichteten Ermittlungen haben ergeben, dass sich die Ausgaben bei Anwendung grosser Dampfmaschinen mit vollkommener Einrichtung, mittlerer Maschinen, Gasmotoren oder galvanischer Batterien verhalten, wie resp. 1 : 3 : 4,5 : 27.

Unter vollkommenen Dampfmaschinen verstehen wir solche, welche pro Stunde und Pferdekraft 1 kg Kohlen verbrauchen, während wir für Maschinen mittlerer Grösse einen Verbrauch von 3 kg Kohlen und für die Gaskraftmaschinen 0,6 kg Gas (circa 1 cbm) annehmen.

Das mit einer Pferdekraft zu erzeugende elektrische Licht kann verschieden stark sein. In zweckmässiger Anordnung lässt sich damit, bei Anwendung mittlerer Lichtmaschinen, ein gutes, stabiles Licht bis zu 1700 Normalkerzen [1]) bilden, während unsere gewöhnlichen Strassengasbrenner nur 10 Normalkerzen Lichtstärke haben, und sieben solcher Brenner 1 cbm Gas pro Stunde consumiren.

Wird das elektrische Licht getheilt, d. h. werden in demselben Schliessungskreise, in Stelle eines Lichtes, mehrere Lichter gebildet, so vermindert sich die Lichtstärke in jedem Licht

---

[1]) Die Normalkerze (deutsche Lichteinheit) ist die Lichtstärke einer 20 mm starken Paraffinkerze, welche mit 50 mm Flammenhöhe brennt. Sie ist gleich 0,974 (auch 1,25) der englischen (standard candle) und gleich 0,132 der französischen (carcels) Einheit.

im Allgemeinen nach dem Quadrat der Zahl der Lichter, so dass man unter sonst gleichen Umständen, in Stelle eines Lichtes von 1700 Normalkerzen nur etwa zwei Lichter à 425 Normalkerzen Stärke erhält. Eine ähnliche Schwächung des elektrischen Lichtes beobachtet man, abgesehen von dessen Theilung, bei der Incandescenz-Beleuchtung, d. i. die Lichtausgabe durch das Weissglühen fester Körper (Platin, Kohle etc.); so wird beispielsweise pro Pferdekraft ein Licht von nur 480 Normalkerzen erzeugt, wenn die im Lichtbogen brennenden Kohlen, welche nach Vorstehendem 1700 Normalkerzen Lichtstärke liefern, in directe Berührung gebracht werden, und in dieser Lage, durch Glühen der sich berührenden Kohlenspitzen, das Licht ausstrahlen.

Hiernach müssen nothwendig sowohl das getheilte Licht wie auch das Glühlicht höhern Kostenaufwand fordern, als das im Stromkreise mit Volta'schen Bogen brennende Einzellicht. Dennoch richtet die Praxis ihre Bemühungen auf die Theilung sowohl des im Bogen brennenden, wie auch des Incandescenz-Lichtes. Ersteres erscheint allerdings häufig dadurch geboten, dass zu intensives Licht auch zu grelle Schatten wirft und somit bei gewisser Benutzung der Räume störend wirkt, oder für die centrale Beleuchtung weniger günstiger Räume daraus wünschenswerth, dass die Lichtstärken im Quadrat der Entfernung vom leuchtenden Punkt abnehmen. Betreffs der Incandescenz-Beleuchtung sind es aber weniger diese Rücksichten, welche die Theilung des Lichtes bestimmen, als vielmehr das Bestreben, die elektrische Beleuchtung auch dem mindern Bedürfniss an Lichtstärke für mehrere kleine Räume resp. der Häuslichkeit anzupassen. Da hierbei in den wenigsten Fällen der Kostenpunkt unberücksichtigt zu lassen sein wird, so dürfte eine allgemeine derartige Anwendung in jedem Falle die in der Vorbereitung [1]) begriffene Zuführung der Elektricität mittelst einfacher Drahtleitungen von einem Centralpunkte zur Voraussetzung haben, an welchem dieselbe im Grossen billig hergestellt werden kann und von

---

[1]) Nach einer Mittheilung von Siemens aus November 1880 sind alle Schwierigkeiten beseitigt, um elektrische Ströme von einer Centralstelle nach verschiedenen Verbrauchspunkten zu leiten, und nach den neuesten Nachrichten aus Amerika soll diese erleichterte Benutzung der Elektricität dort bereits geboten werden.

wo aus das Bedürfniss für eine grössere Zahl von Verwendungsstellen gedeckt wird, ähnlich dem Betriebe und der Verbindung der Gasanstalten.

Als hervorragende Vorzüge des elektrischen Lichtes gegenüber der Gasbeleuchtung sind zu nennen: der hohe, dem Sonnenlicht ähnliche Glanz, die dem Sonnenlichte gleiche Wirkung in chemischer Zersetzung gewisser Stoffe und Erkennung der Farben etc., geringe Wärmeausgabe und Reinhaltung der Luft des Raumes, in welchem das elektrische Licht brennt, wozu es des Sauerstoffs der Luft nicht bedarf, weshalb dasselbe auch im luftleeren Raume zu unterhalten ist. Wo diese Eigenschaften besonders werthvoll erscheinen, wie in der Photographie, in Ausstellungsräumen und in stark besuchten Localen, unter Wasser, in Gruben, in Räumen mit brennbaren Gasen, in feuergefährlicher Umgebung, oder wo der durch Gasflammen nicht zu erzielende Glanz des Lichtes gesucht wird, wie für weitreichende durchdringende Lichteffecte in der Signalgebung und behufs Erkennung entfernter Gegenstände, sowie zur Beleuchtung in denjenigen Fällen, in denen mittelst des Gaslichtes befriedigende Resultate nicht zu erreichen, sind selbstverständlich selbst die im Einzelgebrauch heute bestehenden Unterschiede im Kostenpunkt weniger maassgebend, so dass in solchen Fällen von einer eigentlichen Concurrenz mit der Gasbeleuchtung überhaupt keine Rede sein kann. Hier wird mit dem elektrischen Licht einem wirklichen Bedürfnisse entsprochen, dessen erweiterte Anwendung nur eine Frage der Zeit ist. Die in neuerer Zeit besonders stark hervorgetretenen Anstrengungen zur Verbesserung der Gasbeleuchtung sind den genannten Vorzügen gegenüber machtlos; es handelt sich bei Anwendung der Elektricität um eine ganz besondere Form des Mediums, welches uns als Licht erscheint. Wie sich der Glanz desselben nicht erzwingen lässt durch Häufung des Gaslichts, so sind auch die übrigen sonnenähnlichen Eigenschaften des elektrischen Lichts durch concentrirte Gasbeleuchtung nicht zu erzielen. Ein sehr wesentlicher Unterschied beider Lichtformen ist schon aus einfacher Vergleichung des Wärmeverhältnisses zu erkennen. So ist ermittelt, dass bei gleichen Lichtstärken für elektrisches und Gaslicht die zur Lichtbildung erforderliche Wärmemenge sich verhält wie 1 : 140, während die Temperatur im Volta'schen Lichtbogen 3000° C., in der

Gasflamme 900° C. betrug, wobei aber die Wärmestrahlung im letzten Falle viel bedeutender war als im ersten. Von anderer Seite wird angenommen, dass aus dem Gas 94 Proc. in Wärme umgesetzt wird und nur 6 Proc. auf die Bildung des Lichts entfallen. Im Weitern ergiebt die Rechnung, dass zur Bildung des elektrischen Lichts etwa 1 Proc. der Wärme erforderlich ist, welche bei gleicher Lichtstärke zur Unterhaltung des Gaslichts aufgewendet werden muss.

Wie die besonderen Eigenschaften resp. Vorzüge des elektrischen Lichts demselben einen bestimmten Anwendungskreis sichern [1]), so könnte auch die bekannte Gefahr durch Explosionen von der Verwendung des Gases zurückhalten. Völlig gefahrlos lässt sich der Gebrauch der Elektricität allerdings auch nicht nennen. Es ist denkbar, dass die zur Erzeugung des intensiven elektrischen Lichts erforderlichen starken elektrischen Ströme [2]) unter Umständen innerhalb der Leitungsführung bei etwa vorhandenen fehlerhaften Stellen und geeigneter Umgebung zünden; indess ist die Gefahr hier bei Weitem nicht so gross, wie bei Benutzung des Leuchtgases, wenn der Leitungsanlage die erforderliche Vorsicht zugewendet ist. Es liesse sich dagegen zwar einwenden, dass den Gasexplosionen ebenfalls durch vorsichtige Behandlung vorgebeugt werden kann, sowie dass Unglücksfällen überhaupt durch Beobachtung der erforderlichen Vorsicht zu begegnen ist; es bleibt aber wohl zu berücksichtigen, dass bei Anwendung der Elektricität die Vorsicht mehr für die Anlage geboten ist und hierbei leicht geübt werden kann, während bei Benutzung von Gas die Vorsicht auch für den Gebrauch gefordert wird. Wenn in neuester Zeit bekannt geworden, dass die unvorsichtige Berührung des Leitungskreises für elektrische Beleuchtung den Tod eines Menschen zur Folge gehabt hat, so lässt sich die Möglichkeit zwar nicht in Abrede stellen, wohl aber behaupten, dass in diesem Falle ein unglückliches Zusammentreffen verschiedener Umstände stattgehabt haben muss, die einfache Berührung der Leitung solche Gefahr nicht befürchten lässt. Jeden-

---

[1]) Unter Umständen ist auch darauf Werth zu legen, dass die elektrische Flamme aus der Entfernung gelöscht und nach Belieben augenblicklich wieder entzündet werden kann.

[2]) Etwa 3000mal stärker als gewöhnliche Telegraphirströme.

falls liegt darin kein genügender Grund, der allgemeinen Anwendung der elektrischen Beleuchtung mit Misstrauen zu begegnen. Dass damit überall geeigneter Ersatz für die Gasbeleuchtung zu finden, soll indess nicht behauptet werden. Die Theilung des elektrischen Lichtes ist nur innerhalb gewisser beschränkter Grenzen ausführbar, namentlich wenn es dabei mit darauf ankommt, die Kosten der Gasbeleuchtung nicht zu überschreiten, während das Gaslicht in beliebiger Ausdehnung getheilt werden kann. Dies ist aber vielfach und namentlich auch da wünschenswerth, wo es sich für grössere Lichtentfaltung um decorative Ausschmückungen handelt. Es wird kein Zweifel darüber sein, dass eine Krone mit einer grössern Anzahl kleinerer Lichter im geeigneten Raum günstigern Eindruck macht, als ein starkes elektrisches Licht, selbst wenn dasselbe das Gesammtlicht der Krone weit überstrahlt. In solchen und anderen ähnlichen Fällen wird man der Gasbeleuchtung den Vorzug einräumen, sofern es nicht gelingt, die Elektricität so billig zu erzeugen, dass auch in sehr weit gehender Theilung des elektrischen Lichtes die Kosten beider Beleuchtungsarten im Gleichgewicht bleiben.

Wenn wir in Vorstehendem einen allgemeinen Ueberblick über den dermaligen Stand der Verhältnisse betreffs der elektrischen Beleuchtung, über Lichtstärken, Kostenpunkt, Theilbarkeit des elektrischen Lichtes, dessen besondere Eigenschaften, innere Zustände, unter Vergleichung mit der Gasbeleuchtung gegeben, und damit gewissermaassen dem systematischen Gange vorgegriffen haben, so geschah dies in der Absicht, das Verständniss für die folgenden Ausführungen zu unterstützen. Wir sind der Ansicht, dass bei einem im innern Zusammenhange complicirten Gegenstande, wie die elektrische Beleuchtung in Anwendung dynamo-elektrischer Maschinen weniger Ermüdung zu erwarten ist, wenn derselbe in solcher Richtung und in solchem Umfange eingeleitet wird, dass über die Zusammengehörigkeit gewisser specieller Ausführungen mit dem Hauptgegenstande kein Zweifel vorwaltet. Dadurch wird offenbar das Interesse an der speciellen Entwicklung im systematischen Gange von Hause aus in höherm Grade erregt, und indem namentlich auch durch Vergleiche mit bekannten Einrichtungen, sowie durch Zahlenangaben gewissen Begriffen eine bestimmte Basis gegeben, werden rechtzeitig Irrthümer, Dunkelheiten vermieden und falsche Vorstellungen abgewendet, welche

ausserordentlich störend auf die Auffassung der Einzelheiten wirken können.

§. 2.

Wärmeentwicklung und Lichtbildung im elektrischen Strom (Joule'sches und Ohm'sches Gesetz).

Die das Licht ausstrahlende Flamme wird durch eine gewisse Verdichtung von Wärme erzeugt. Sofern das Licht durch den elektrischen Strom gebildet werden soll, muss eine Wärmeentwicklung in demselben. vorausgesetzt werden. Wer mit dem elektrischen Strome in der einen oder andern Weise beschäftigt gewesen ist oder wer Gelegenheit gehabt hat, praktischen Anwendungen der galvanischen Batterien beizuwohnen, wird auch beobachtet haben, dass sich an der Trennungsstelle des Schliessungskreises Funken in mehr oder minder lebhafter Erscheinung bilden. Dies ist elektrisches Licht, ebenso wie die aus der Elektrisirmaschine gezogenen Funken, ebenso wie die Blitze bei Gewittern. Die Trennungsfunken des galvanischen Schliessungskreises haben eine so hohe Temperatur, dass die Enden des Metallleiters, zwischen denen die Funken erscheinen, leicht verbrennen. Die zur Bildung derselben erforderliche Hitze liefert der elektrische Strom. Derselbe setzt sich vollständig in Wärme um, soweit er andere Arbeit nicht verrichtet, also nicht etwa Eisen magnetisirt, chemische oder mechanische Effecte bewirkt. Die Beziehungen zwischen der Wärmeentwicklung und Lichtbildung innerhalb des Schliessungskreises sind nur soweit bekannt, als durch Experimente erschlossen. Wir wissen daraus im Allgemeinen, dass diejenigen Umstände, welche die Wärmeentwicklung beeinflussen, innerhalb gewisser Grenzen auch die Lichtbildung bestimmen.

Betreffs der elektrischen Beleuchtung haben wir uns sonach in erster Reihe mit der Wärmewirkung des elektrischen Stromes zu beschäftigen. Diese Leistung ist auf Grund des Joule'schen Gesetzes zu beurtheilen, wonach die in der Wärmeentwicklung während der Zeiteinheit (Secunde) geförderte Arbeit $A = J^2 W$, das ist gleich dem Product aus dem Quadrat der Stromstärke J

und dem Widerstand W [1]) des Schliessungskreises, während das Ohm'sche Gesetz die Beziehungen zwischen der Stromstärke J und der elektromotorischen Kraft E [2]) der Elektricitätsquelle, sowie dem Widerstand W des Schliessungskreises behandelt, und zwar nach der Gleichung $J = \frac{E}{W}$. Die hieraus sich ergebenden Werthe für J und W auf das Joule'sche Gesetz übertragen, gestaltet dasselbe zu $A = \frac{E^2}{W}$ und $= JE$.

Zur Erzeugung von Glühwirkungen muss die Wärmeentwicklung in der Glühstelle möglichst concentrirt, für die übrigen Theile des Schliessungskreises aber, behufs Erhöhung dieser Wirkung, möglichst unterdrückt werden, weil jede Erwärmung der nicht zum Glühen bestimmten Theile einen Verlust an Arbeitskraft bedeutet.

Durch welche Umstände und in welchem Grade die Arbeit gefördert wird, und in welcher Weise dem Arbeitsverlust am zweckmässigsten zu begegnen, lehrt dieses Joule'sche Gesetz.

Nach der Gleichung $A = J^2 W$ geht in Kreisen von gleicher Stromstärke J die Wärmeentwicklung A dem Gesammtwiderstand W und in Kreisen von gleichem Gesammtwiderstand dem Quadrat der Stromstärke proportional.

Nach der Gleichung $A = \frac{E^2}{W}$ ist in Kreisen von gleicher elektromotorischer Kraft E, also derselben constanten Elektricitätsquelle, die Wärmeentwicklung A dem Gesammt-

---

[1]) Der elektrische Leitungswiderstand oder der Widerstand des Schliessungskreises, für Material und Querschnitt (Drahtstärke) verschieden, bezeichnet diejenigen inneren Verhältnisse des Leiters, welche der Bewegung des elektrischen Stromes resp. dessen Fortpflanzung hemmend entgegenwirken. Er ist der Länge des Leiters direct proportional, also unter sonst gleichen Umständen grösser in langen, als in kurzen Leitungen.

[2]) Unter der elektromotorischen Kraft können wir uns das einer Elektricitätsquelle innewohnende Bestreben denken, die erzeugte Elektricitätsmenge durch die Leitung, den Schliessungskreis, zu treiben, welchem der Leitungswiderstand entgegen wirkt. Je stärker dieses Bestreben vorhanden, desto grösser nennen wir die elektromotorische Kraft der Quelle, und je geringer der Leitungswiderstand, desto intensiver erfolgt die Ausgleichung der entgegengesetzten Elektricitäten im Kreise, welche sich in der Stärke des Stromes (Stromstärke) kund giebt.

widerstande W umgekehrt, und in Kreisen mit gleichem Gesammtwiderstande dem Quadrat der elektromotorischen Kraft direct proportional; während

Gleichung $A = JE$ für Kreise von gleichen Stromstärken, gleichen Elektricitätsquellen und verschiedenen Gesammtwiderständen den Einfluss der elektromotorischen Kraft E resp. der Stromstärke J erkennen lässt.

Betrachten wir die Verhältnisse in demselben Schliessungskreise, so lehrt das Ohm'sche Gesetz, dass die Stromstärke J, bestimmt durch die elektromotorische Kraft E der Batterie resp. der Elektricitätsquelle und den Gesammtwiderstand W des Schliessungskreises, in allen Theilen desselben gleich ist, deshalb nach der Gleichung $A = J^2 W$ die Wärmeentwicklung in den einzelnen Theilen des Kreises lediglich von deren Widerstande abhängig sein und mit der Grösse desselben wachsen muss. Hat also der Schliessungskreis in allen Theilen gleichen Widerstand, sei es in Anwendung desselben Materials von gleichem Querschnitt (gleich starker Draht) oder bei verschiedenem Material in Anwendung verschiedener, aber gleicher Leitungsfähigkeit entsprechender Querschnitte [1]) (verschieden starke Drähte), so wird auch die Wärmeentwicklung in allen Theilen des Schliessungskreises gleichmässig erfolgen. Und ist derselbe aus Kupfer, d. h. dem Material gebildet, welches unter den praktisch überhaupt verwendbaren Metallen die höchste Leitungsfähigkeit besitzt, so lässt sich durch Anwendung möglichst dicker und kurzer Drähte, also durch grösstmöglichste Verminderung des Leitungswiderstandes, die Stromstärke erhöhen, deren Einfluss auf die Wärmeentwicklung, gegenüber dem Einfluss des Widerstandes, nach dem Joule'schen Gesetze bedeutend überwiegt. In diesem Falle wird in einem in den Kreis eingeschalteten kurzen, sehr feinen Draht aus schlecht leitendem Material [2]) (Platin, Neusilber, Kohle etc.) also einem Leitungstheil von hohem Widerstande, offenbar die grösste Wärmeentwicklung stattfinden. Die entwickelte

---

[1]) Die Leitungsfähigkeit ist dem Querschnitt des Leiters direct und der Widerstand, Gegensatz von Leitungsfähigkeit, dem Querschnitt umgekehrt proportional.

[2]) Setzen wir den specifischen Leitungswiderstand des Kupfers = 1, so ist derselbe für Eisen = 5,25, Platin = 6,44, Neusilber = 11,54, Quecksilber = 50 und Kohle = 3000 bei mittleren Lufttemperaturen.

Wärme ist aber für die Erwärmung resp. Temperaturerhöhung des Leiters nicht ohne Weiteres maassgebend, weil dafür auch die Wärmeabsorption und Wärmeabgabe nach aussen in Betracht kommt, sei es durch directe Abgabe an die Umgebung, sei es durch Strahlung oder in doppelter, gleichzeitiger Wirkung. Der stärkere Leiter absorbirt mehr Wärme als der schwächere Leiter, dieser hat aber im Verhältniss zum Querschnitt die grössere Oberfläche, welche sich durch die Umgebung wieder stärker kühlt, was die Erwärmung unterdrückt. Hiernach begreift es sich, dass der plattenförmige Leiter, der plattgepresste Draht, wegen grösserer Oberfläche stärker abgekühlt wird, als der cylindrische Leiter, dieser also an der Glühstelle, ersterer dagegen in denjenigen Theilen des Schliessungskreises vortheilhafter verwendet wird, in denen die Erwärmung unterdrückt werden soll, was selbstverständlich auch durch Anwendung besonderer Kühlungsmittel, Ventilation, Wasser, Eis etc., zu fördern ist. Für die gesuchte Glühwirkung wird die Abkühlung von der zum Glühen bestimmten Stelle fern gehalten, für die übrigen Theile des festen Leiters aber auch deshalb gefördert, weil deren Leitungswiderstand [1]) dadurch vermindert, also nach dem Ohm'schen Gesetz die Stromstärke im Schliessungskreise verstärkt wird.

Im Weitern ist die Erwärmung abhängig von der specifischen Wärme des Leiters und zwar in der Weise, dass sich die Temperatur desselben um so mehr steigert, je geringer die specifische Wärme des vom elektrischen Strom durchflossenen Stoffes ist. Hiernach wird der Wärmeverbrauch auch um so grösser, je höher die specifische Wärme der Umgebung des Leiters liegt.

§. 3.

Vertheilung der Wärme im praktischen Schliessungskreise.

In jedem Falle ist man bestrebt, die gesuchte Wirkung durch zweckmässiges Arrangement in Form, Stoff, Dimensionen etc.

---

[1]) Der Widerstand fester Leiter, mit Ausnahme der Kohle, erhöht sich mit der Zunahme der Temperatur derselben; je kälter der Leitungsdraht, desto grösser ist seine Leitungsfähigkeit. Für reine Metalle beträgt im Allgemeinen die Erhöhung des Widerstandes 0,004 pro Celsiusgrad; bei höheren Temperaturen ist die Steigerung bedeutender.

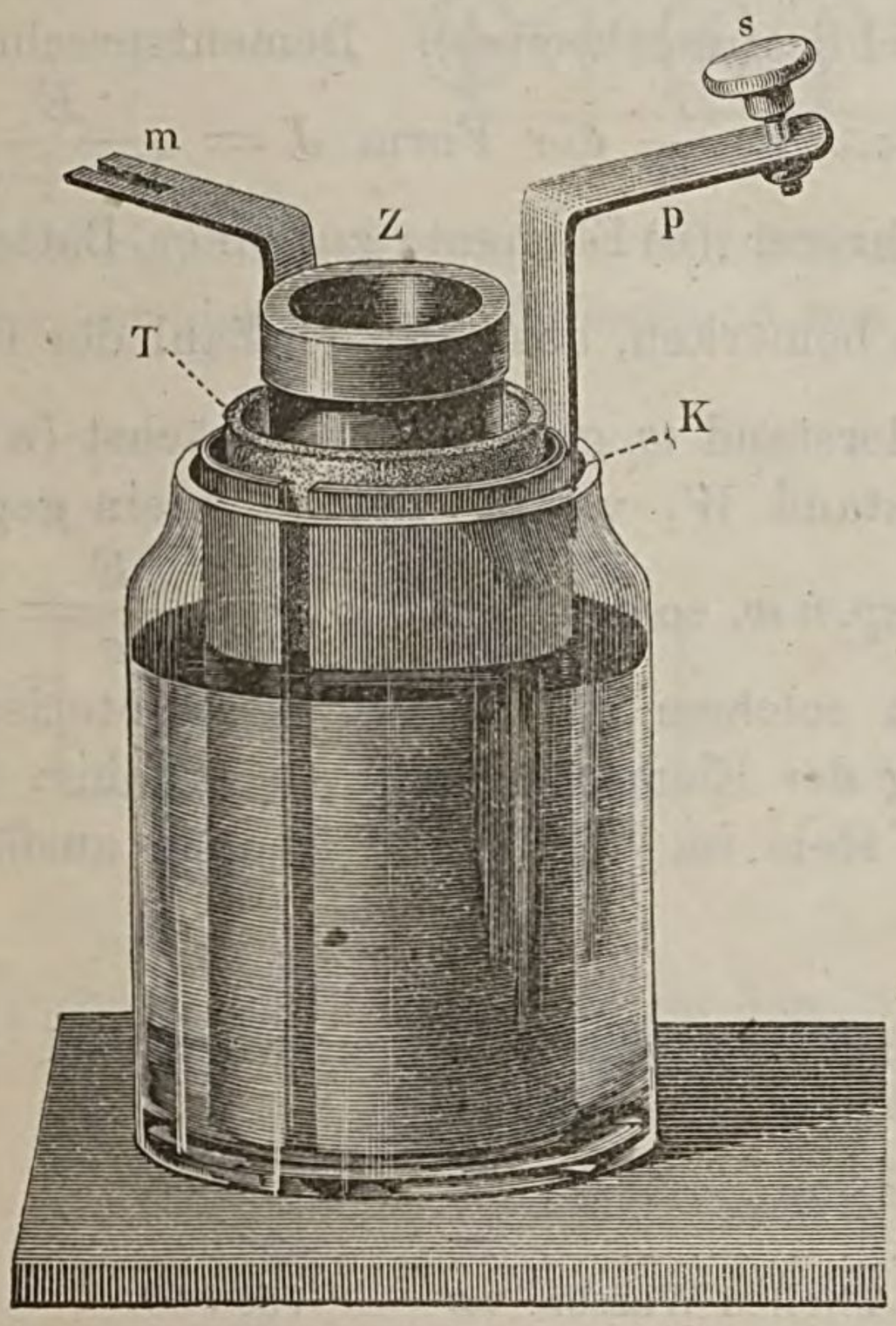
des Leiters und dessen Umgebung zu unterstützen, und unterscheidet dabei diejenigen Theile des Leiters, in denen die Wärme verwerthet werden soll, von denjenigen Leitungstheilen, welche lediglich zur Zuführung des elektrischen Stromes dienen.

Bei Anwendung galvanischer Batterien [1]) besteht der Schliessungskreis nicht nur aus festen, sondern auch aus flüssigen Leitern (Füllung der Batterie-Elemente), welche allgemein dem Durchgange des elektrischen Stromes viel bedeutendern Wider-

---

[1]) Wenngleich der Gebrauch galvanischer Batterien zur elektrischen Beleuchtung seit Erfindung der dynamo-elektrischen Maschinen mehr in den Hintergrund gedrängt ist, so hat man sich in gewissen Fällen der galvanischen Ströme auch heute noch dazu zu bedienen. Deshalb haben wir die Anwendung derselben hier mit behandelt, zumal darin das Verständniss für den Gebrauch der Lichtmaschinen und für die inneren Verhältnisse der Lichtkreise wesentlich erleichtert wird, ebenso wie in der vorbereitenden Betrachtung eines in den Schliessungskreis eingeschalteten Leiters aus schlecht leitendem Material (Platindraht etc.) in Stelle des im getrennten festen Leiter, also innerhalb der Luft, gebildeten Volta'schen Lichtbogens. Wir präsentiren in Figur 1 ein galvanisches Element nach Daniell's Construction, in welchem der Kupfercylinder *K* ausserhalb des unten geschlossenen Cylinders *T* aus gebranntem, porösem Thon steht, welcher einen Zinkcylinder *Z* enthält. Die Füllung innerhalb der Thonzelle besteht aus concentrirter Zinkvitriollösung (schwefelsaurem Zinkoxyd), ausserhalb der Thonzelle aus concentrirter Kupfervitriollösung. Die Blechstreifen *m* und *p* bilden die Pole des Elements, welche, bei Vereinigung zweier oder mehrerer Elemente zu einer Batterie, mittelst der Schraube *s* unter einander verbunden werden.

Fig. 1.



stand [1]) bieten, als die schlechtesten Metallleiter; selbst der grössere Querschnitt der Flüssigkeitsschichten in den gebräuchlichen Batterieelementen ändert dies Verhältniss nur wenig. Es wird deshalb innerhalb der Batterie (innerer Widerstand des Schliessungskreises) stets ein grosser Theil der Wärme zur Entwicklung kommen; dennoch ist die Erwärmung der Flüssigkeit nur unbedeutend, weil namentlich der grosse Querschnitt resp. die grössere Masse mehr Wärme absorbirt; im Uebrigen wirkt die Erwärmung der Flüssigkeiten nicht wie bei festen Leitern verstärkend, sondern schwächend auf den Leitungswiderstand, also günstig auf die Stromstärke.

Der innere Widerstand (Widerstand der Batterien) verlangt besondere Beachtung, weil von dem Verhältniss desselben zum Widerstande des festen Leiters die Wirkung wesentlich abhängig ist; wir haben deshalb bei Betrachtung des Gesammtwiderstandes W des Schliessungskreises zu trennen: den inneren Widerstand w von dem Widerstand W_1 der Drahtleitung (äusserer Widerstand des Schliessungskreises). Dementsprechend erhält das Ohm'sche Gesetz $J = \frac{E}{W}$ die Form $J = \frac{E}{W_1 + w}$; und in der Verbindung mehrerer (n) Elemente zu einer Batterie $J = \frac{n\,E}{W_1 + n\,w}$, wobei zu bemerken, dass mit der Zahl der Elemente auch der innere Widerstand w gleichmässig wächst ($n\,w$).

Ist der äussere Widerstand W_1 verschwindend klein gegen den innern Widerstand w resp. $n\,w$, so erhalten wir $J = \frac{n\,E}{n\,w} = \frac{E}{w}$, woraus sich ergiebt, dass in solchem Falle die elektromotorische Kraft E durch Vermehrung der Elemente nicht zu erhöhen ist, weil die Zahl derselben (n) stets im Zähler und Nenner ausfällt.

---

[1]) Nehmen wir wieder den specifischen Leitungswiderstand des Kupfers = 1 an, so ist derselbe für

Concentrirte Salpetersäure	=	1 100 000
Schwefelsäure	=	500 000
Schwefelsäure mit 11 Theilen Wasser	=	750 000
Concentrirte Zinkvitriollösung . . .	=	1 570 000
„ Kupfervitriollösung . .	=	7 500 000
Destillirtes Wasser	=	3 000 000 000

In derartigen Kreisen resp. beim kurzen Schluss der im Material gegebenen Elektricitätsquelle ist die Verstärkung nur durch Vergrösserung des Elements zu erreichen und zwar durch Verminderung des innern Widerstandes w, in Vergrösserung des Querschnitts der Flüssigkeit resp. der eintauchenden Elektroden und durch Verkürzung der Entfernung unter denselben. Statt das Element selbst zu verändern, verbindet man in der Regel mehrere der gebräuchlichen Elemente [1]) zu einem grössern Element, indem dieselben nicht hinter einander (Fig. 2), sondern

Fig. 2.

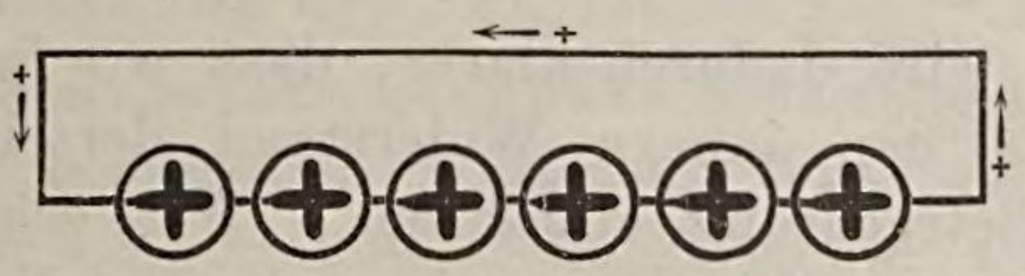
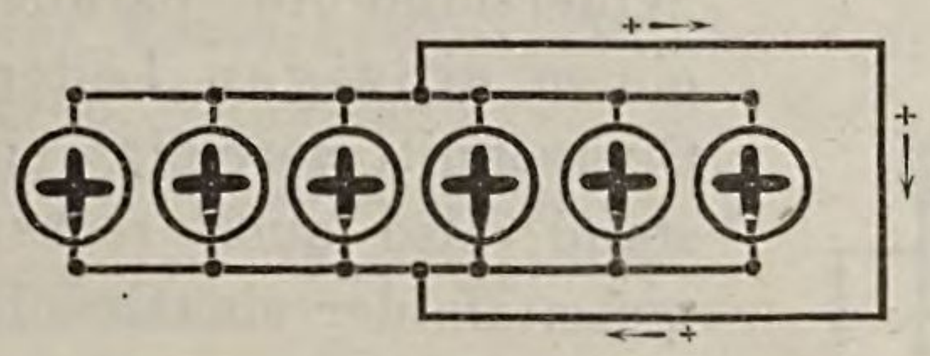


Fig. 3.



neben einander (Fig. 3, 3 a und 3 b) geschaltet werden. Im ersten Falle ist der innere Widerstand $n\,w$, im Falle Fig. 3 aber nur

Fig. 3 a.

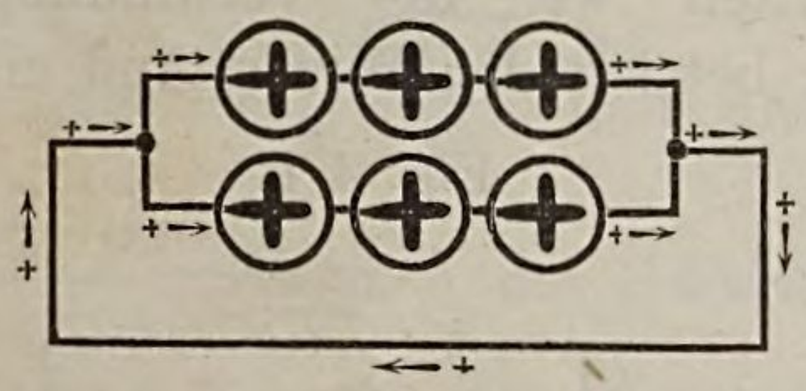
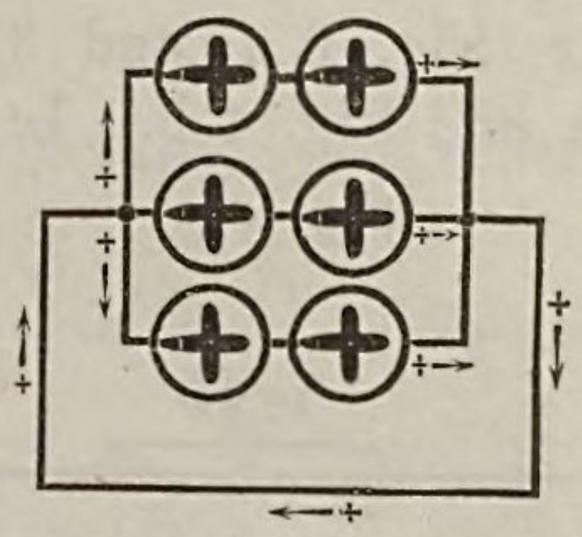


Fig. 3 b.



$\frac{w}{n}$; und in den Combinationen Fig. 3 a und 3 b resp.

$$\frac{\frac{n}{2}\,w}{2} = \frac{n\,w}{4}, \text{ und } \frac{\frac{n}{3}\,w}{3} = \frac{n\,w}{9}.$$

---

[1]) Die Kreise der Figuren bezeichnen die Kupfer- oder Kohlenpole, die Kreuze den Zinkpol (Elektroden) des galvanischen Elementes.

Wäre der Widerstand w eines Elementes $6\,S.E$ [1]), so würde der innere Widerstand betragen für

Fig. 2 $n\,w = 6\,.\,6 = 36\,S.E$ (6 kleine Elemente),

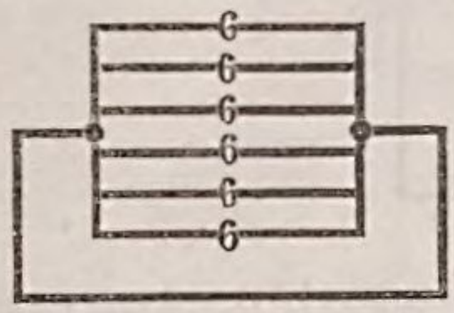
„ 3 $\frac{w}{n} = \frac{6}{6} = 1\,S.E$ (1 Element von 6 facher Grösse),

„ 3 a $\frac{n\,w}{4} = \frac{6\,.\,6}{4} = 9\,S.E$ (3 Elemente „ doppelter „),

„ 3 b $\frac{n\,w}{9} = \frac{6\,.\,6}{9} = 4\,S.E$ (2 „ „ 3 facher „).

Das Verhältniss wird dadurch klarer, dass wir in Stelle der einzelnen Elemente den innern Widerstand derselben als feste Leiter in die Betrachtung einführen. Wir erhalten dann für Fig. 3 die Verbindung Fig. 4, worin sechs Metalldrähte à $6\,S.E$ Widerstand in paralleler Schaltung zu einem einzigen Leiter von sechsfachem Querschnitt vereinigt sind, dessen Widerstand also auch sechsmal geringer sein muss, als der einzelne Draht, da es keinen Unterschied begründet, ob der elektrische Strom diese sechs Drähte paralleler Lage durchfliesst oder einen einzigen daraus gebildeten Draht von sechsfachem Querschnitt.

Fig. 4.



Für Fig. 3 a und 3 b erhalten wir die Verbindungen Fig. 4 a und Fig. 4 b. In ersterer beträgt der Widerstand einer

Fig. 4 a.

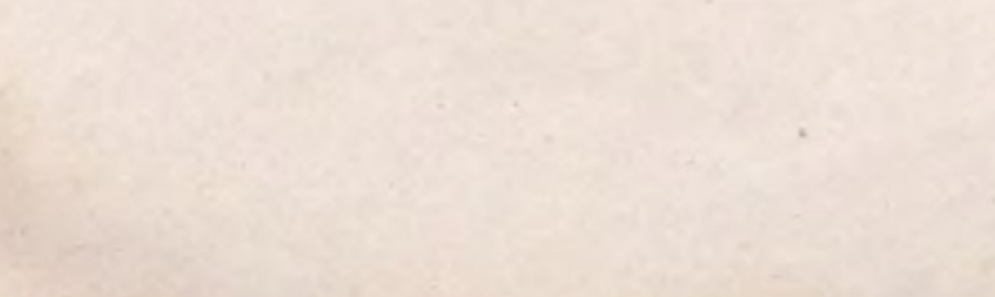
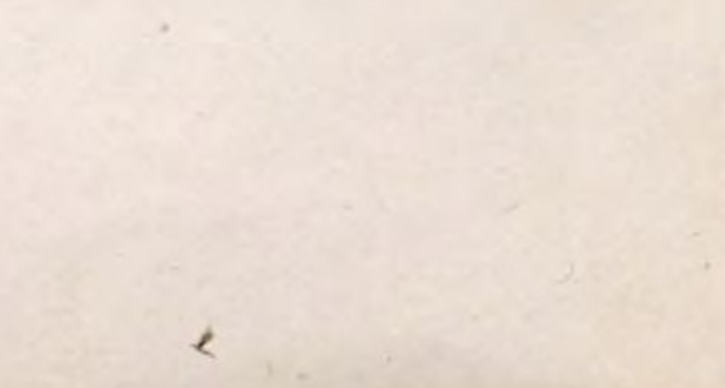


Fig. 4 b.



Reihe $18\,S.E$ und der Gesammtwiderstand $\frac{18}{2}$, ist also gebil-

---

[1]) $S\,E$ (Siemens' Widerstandseinheit) gleich dem Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt gleich dem Widerstande einer Eisenleitung von 4 mm Durchmesser und 0,12 km Länge.

det durch den Widerstand einer Reihe dividirt durch die Zahl der Reihen; in letzterer der Widerstand einer der vorhandenen drei Reihen $= 12\,S\,.\,E$, somit der Gesammtwiderstand $= \frac{12}{3} = 4\,S\,E$.

Solche Arrangements sind auch bei nicht zu vernachlässigendem äussern Widerstande von besonderer Wichtigkeit, weil bei gegebener Zahl von Elementen bestimmter Form und Grösse und bei gegebenem äussern Widerstande, das Maximum der Stromstärke zu erzielen, wenn die Batterie so combinirt wird, dass der innere Widerstand derselben gleich ist dem äussern Widerstande des Schliessungskreises.

Die zu diesem Zwecke gesuchte Schaltung lässt sich durch Rechnung leicht bestimmen. Wären der Widerstand W_1 der äussern Leitung $= 4\,S\,.\,E$ und sechs Elemente à $6\,S\,.\,E$ Widerstand w gegeben, so hätten wir aus allgemeiner Betrachtung die Zahl der in einer Reihe hinter einander geschalteten Elemente $= x$ und deren Widerstand $= x\,w$. Setzen wir nun die Zahl der parallel zu schaltenden Reihen $= y$, so ist der Gesammtwiderstand der Combination $\frac{x\,w}{y}$. Wir wissen, dass $x\,y = n$, also $y = \frac{n}{x}$, und erhalten dafür somit $\frac{x^2\,w}{n}$. Dieser Werth soll gleich sein dem Widerstand W_1 der äussern Leitung, also $W_1 = \frac{x^2\,w}{n}$, woraus $x = \sqrt{\frac{W_1\,n}{w}}$ und unter Einsetzung der Zahlenwerthe $\sqrt{\frac{4\,.\,6}{6}} = 2$, d. i. die Schaltung der Fig. 3 b, 6 Elemente in 3 Reihen à 2 für die Maximalwirkung. Hiernach ist es in gewissen Fällen möglich, den innern Widerstand der Batterie aus gegebener Zahl von Elementen durch Combination den günstigsten Betriebsverhältnissen entsprechend zu verändern. In Betrachtung der Formeln $J = \frac{E}{W_1 + w}$ und $J = \frac{n\,E}{W_1 + n\,w}$ würde somit die Stromstärke J ein Maximum, wenn durch entsprechende Elementenverbindung der innere Widerstand resp. w und $n\,w = W_1$, also dem äussern Widerstande gleich gebildet wäre.

Bei der Abhängigkeit der Wärmeentwicklung im Schliessungskreise von der Stromstärke J begegnen wir auch bei Verwerthung der Wärme der Thatsache, dass überall da, wo der Widerstand des äussern Kreises verschwindend klein gegen den innern Widerstand ist, die Wärmeentwicklung nur durch Vergrösserung der Elemente gesteigert werden kann, wie überhaupt alle Umstände, welche den elektrischen Strom verstärken, auch die Wärmewirkung gleichmässig beeinflussen.

Wir haben bis jetzt aber nur eine Elementenform im Auge gehabt. Verschiedene Constructionen besitzen indess auch verschiedene elektromotorische Kraft, als deren Einheit die elektromotorische Kraft des Daniell'schen constanten Elementes Fig. 1 betrachtet wird.

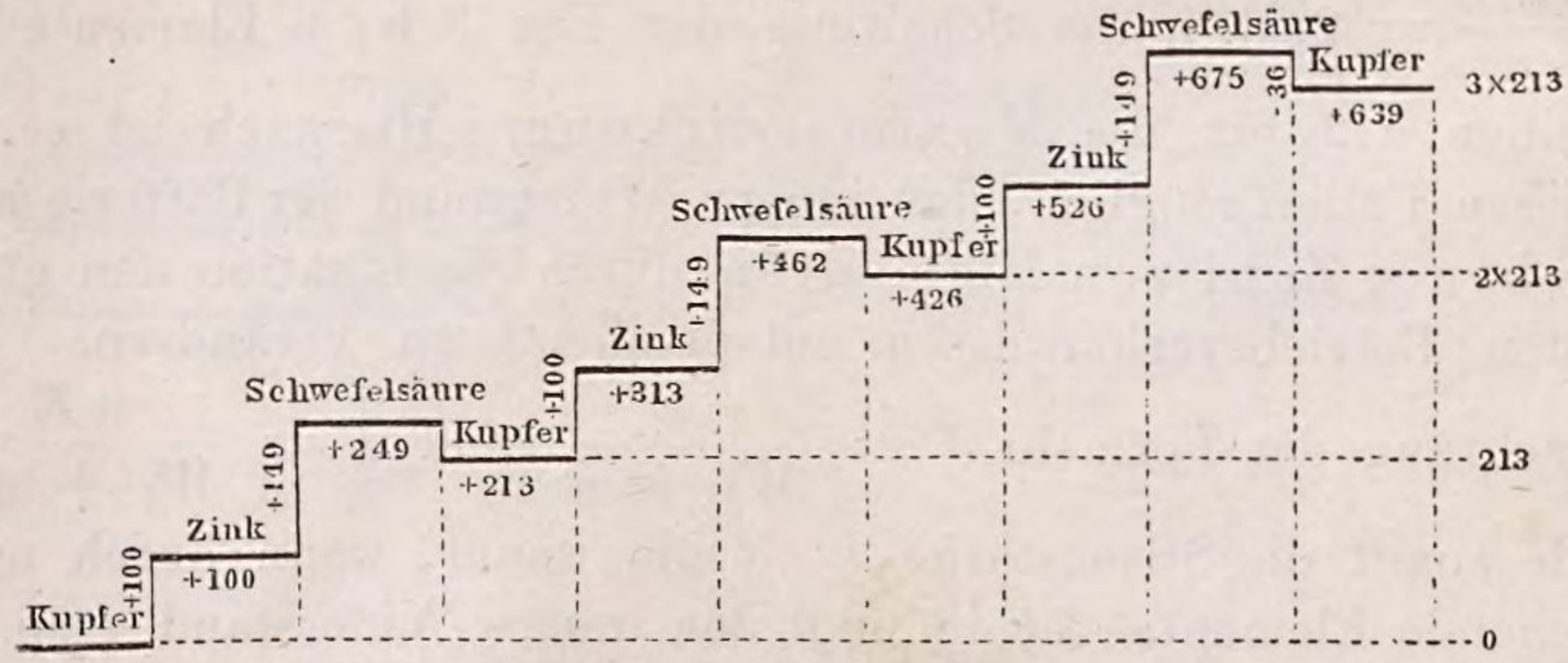
Nach der galvanischen Spannungsreihe folgen:
(+) Zink, Eisen, Kupfer, Silber, Platin, Kohle, Braunstein (—)
mit den Erregungswerthen

0 75 100 109 123 200 220

wonach
das Element Zink/Braunstein die grösste
elektromotorische Kraft . . . . . 220 — 0[1]) = 220,
das Element Kupfer/Silber die kleinste
elektromotorische Kraft . . . . . 109 — 100 = 9,
und
das Element Zink/Kupfer etwa der mittlern Leistung . . . . . 100 — 0 = 100

[1]) Für den elektrischen Zustand an den Polen eines Elementes, einer Batterie oder beliebig zweier Punkte im Stromkreise hat man den wissenschaftlichen Ausdruck „Potential“ eingeführt.

Fig. 5.



entspricht, wenn vom Einflusse der Füllung und von störenden resp. schwächenden Gegenwirkungen aus inneren Vorgängen abgesehen wird. Stehen in der Absicht, die Wärmeentwicklung zu steigern, Elemente grösserer elektromotorischer Kraft zur Verfügung, so lässt sich durch deren Verwendung die gewünschte Wirkung mit geringerm Materialaufwand erzielen. Für solche Wahl ist der Einfluss der elektromotorischen Kraft E aus der Gleichung $A = \frac{E^2}{W}$ direct zu erkennen, und je nachdem der äussere Widerstand W_1 oder der innere Widerstand w des Schliessungskreises wegen zu geringen Werthes im Vergleich zu einander zu vernachlässigen, würde diese Gleichung sich umgestalten in $A = \frac{E^2}{W_1}$ oder $A = \frac{E^2}{w}$. Dasselbe gilt für die erste Gleichung des Joule'schen Gesetzes $A = J^2 W$.

Sofern wir bei Betrachtung des Ohm'schen Gesetzes nur den innern und den äussern Widerstand des Schliessungskreises unterschieden haben, müssen wir uns erinnern, dass bei Verwerthung der Wärme der äussere Widerstand W_1 zusammengesetzt ist aus dem Widerstand der eigentlichen Drahtleitung (W_2) und dem Widerstand des schlechten Leiters (W_3), in welchem die gesuchte Wirkung der Wärme zum Ausdruck kommen soll. In dieser Trennung drückt sich das Ohm'sche Gesetz aus durch

$$J = \frac{E}{(W_2 + W_3) + w} \text{ resp. } J = \frac{n\,E}{(W_2 + W_3) + n\,w}$$

Die elektromotorische Kraft, also die Differenz der Erregungswerthe und die Differenz der Potentiale, sind streng genommen nicht identisch, können aber meist für einander gebraucht werden.

Unsere Spannungsreihe giebt den Grad der elektrischen Erregung in den Elementen mit Bezug auf ein willkürliches Niveau (Zink = Null) an; die Praxis misst aber die elektromotorische Kraft und die Potentialdifferenz in anderer und beide in verschiedener Weise.

Mit der Zahl der Elemente verstärkt sich die Potentialdifferenz zwischen den Endpunkten einer Batterie. Fig. 5 giebt eine Uebersicht über die Höhe des Potentials auf den einzelnen Punkten einer aus drei Volta-Elementen gebildeten Batterie, deren Kupferpol abgeleitet ist, in Darstellung der Potentialdifferenzen durch Ordinaten, wobei die elektromotorische Erregung zwischen Kupfer und Flüssigkeit und zwischen Zink und Flüssigkeit zu resp. — 36 und + 149 angenommen ist.

Und nach dem Joule'schen Gesetz, $A = J^2 W$, ist die im schlechten Leiter W_3 entwickelte Wärme $A = J^2 W_3$, deren Maximum erreicht wird, wenn bei gegebener Batterie und gegebenem Leitungswiderstande der Widerstand des schlechten Leiters W_3 gleich dem sonstigen Widerstande des Schliessungskreises resp. $W_2 + w$ und $W_2 + n w$. Zur Vereinfachung der Betrachtung können wir diesen Widerstand durch W_4 bezeichnen, und erhalten dann für $J = \frac{E}{(W_2 + W_3) + w}$ $J = \frac{E}{W_3 + W_4}$.

Drücken wir aber den Widerstand W_3 des schlechten Leiters als Verhältniss zum Widerstande W_4 aus, durch $x W_4$, so ist $J = \frac{E}{x W_4 + W_4}$ und die im schlechten Leiter $x W_4$ entwickelte Wärme $= J^2 x W_4$.

Setzen wir in diese Gleichung den zuletzt erhaltenen Werth für J, so ist die Wärmemenge im schlechten Leiter

$$= \frac{E^2 x W_4}{x^2 W_4^2 + 2 x W_4^2 + W_4^2} = \frac{E^2 x}{x^2 W_4 + 2 x W_4 + W_4}$$

$$= \frac{E^2}{W_4} \frac{x}{(1 + x)^2}.$$

Der Factor $\frac{x}{(1 + x)^2}$ zu dem Werth $\frac{E^2}{W_4}$, welcher sich aus dem Joule'schen Gesetz direct ergiebt, ist aber für $x = 1$ ein Maximum mit dem Werth $\frac{1}{4}$.

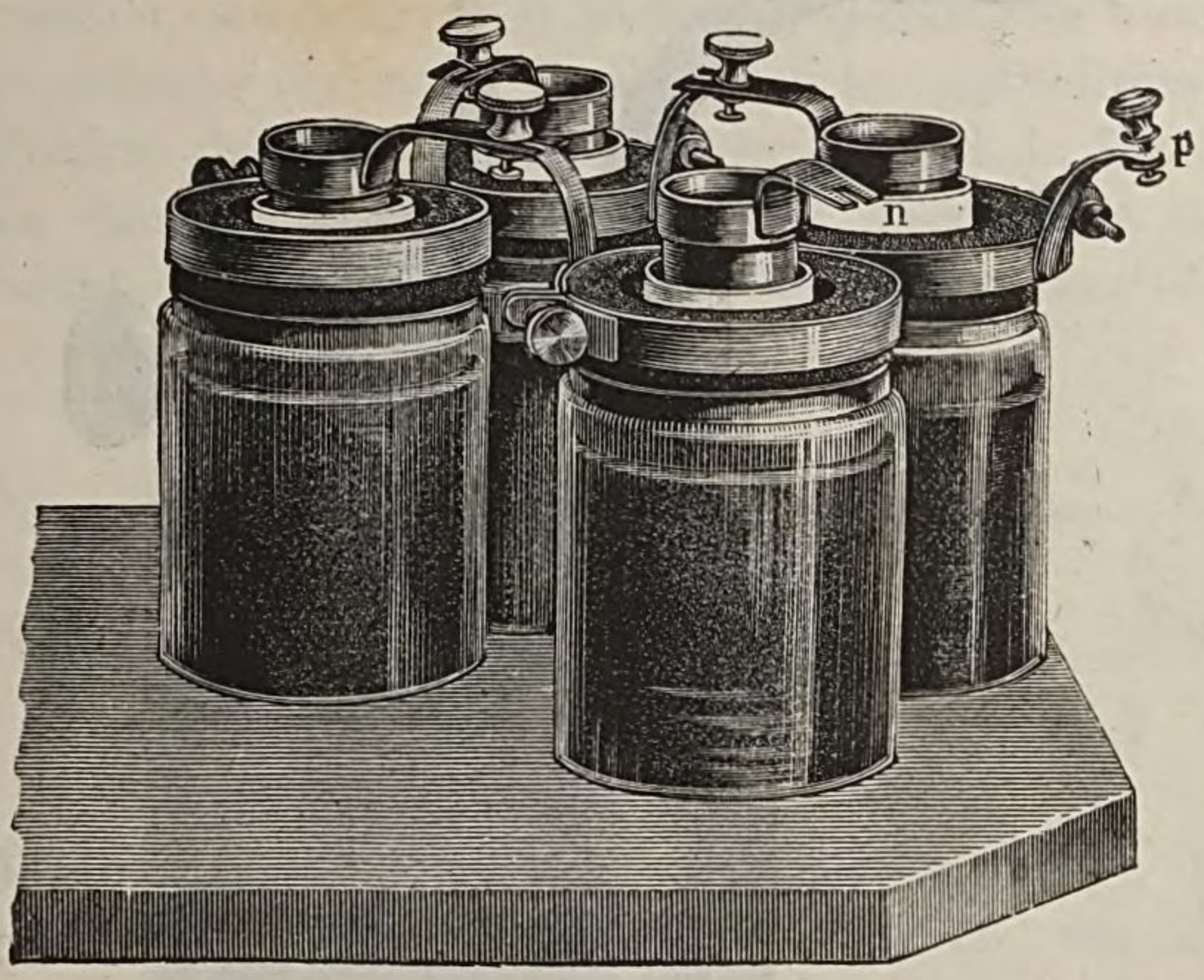
Wenn also die Widerstandsverhältnisse im Schliessungskreise so geregelt sind, dass der Widerstand des schlechten Leiters gleich ist dem sonstigen Widerstande des Kreises, so wird im schlechten Leiter als Maximum ein Viertel der Wärme verwerthet, welche sich im Schliessungskreise entwickeln würde, wenn der schlechte Leiter aus demselben ausgeschlossen wäre.

Diese Betrachtungen sind für die Anordnung des Schliessungskreises zur Bildung des elektrischen Lichtes, dessen Widerstand als der des schlechten Leiters im Kreise auftritt, von so grosser Bedeutung, dass es angezeigt erscheint, die Verhältnisse an praktischen Beispielen zu erläutern. Wir wählen als Elektricitätsquelle die galvanische Batterie, oder, um den

Widerstandsverhältnissen in den praktischen Schliessungskreisen für elektrische Beleuchtung mittelst dynamo-elektrischer Maschinen näher zu kommen und zur Vereinfachung des Verfahrens, das galvanische Element, mit einem der Drahtwicklung solcher Maschinen entsprechenden innern Widerstande.

Soll die elektrische Beleuchtung mittelst galvanischer Batterien (Fig. 6)[1]) bewirkt werden, so bedient man sich, wie bereits

Fig. 6.



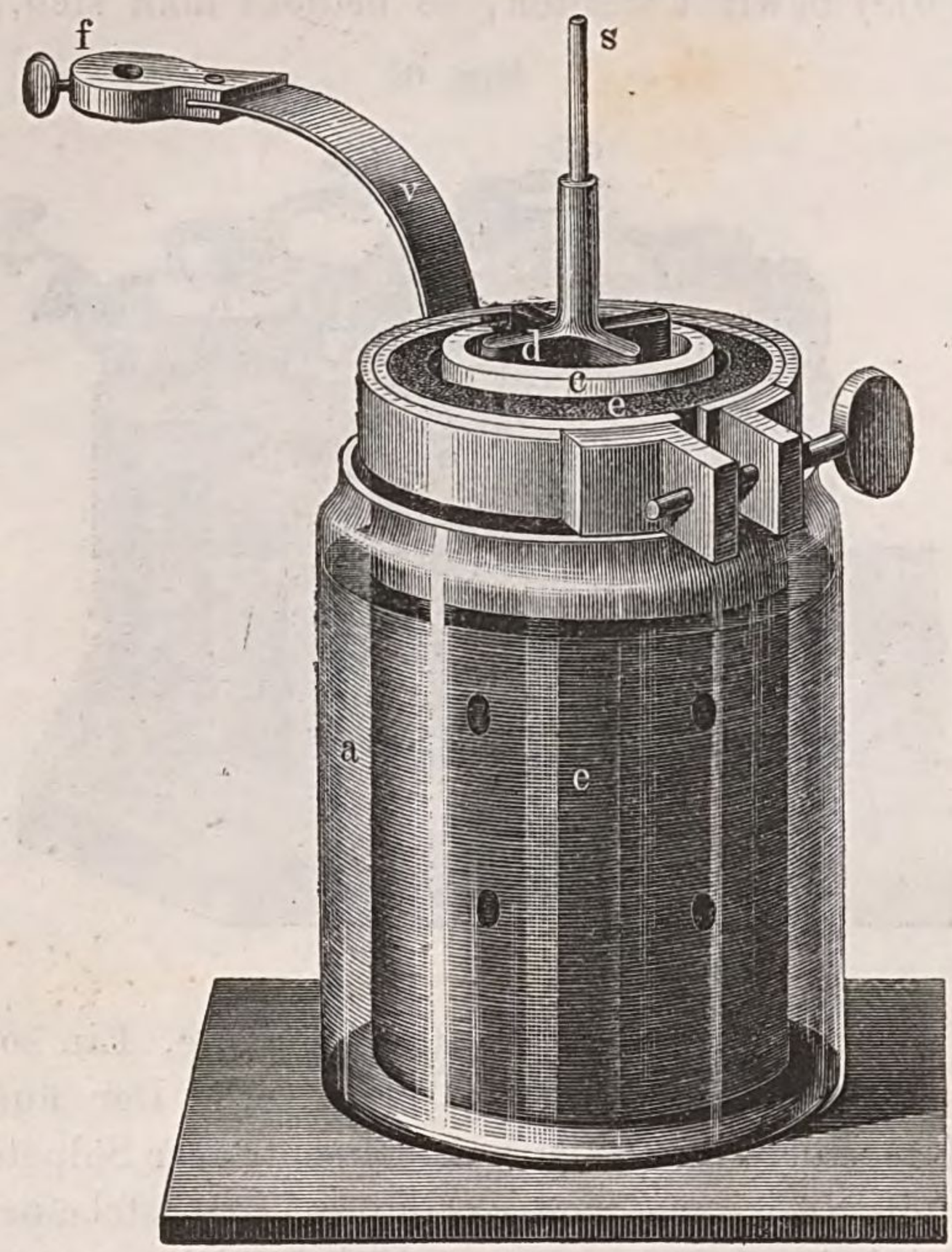
bemerkt, mit Vortheil der kräftigsten Elemente. Ein solches ist die Bunsen'sche Construction (Fig. 7 a. f. S.). Der äussere Cylinder *e* aus Gasretortenkohle ist von concentrirter Salpetersäure, der Zinkstab *d* in Kreuzform von verdünnter Schwefelsäure umgeben; beide Flüssigkeiten sind getrennt durch einen unten verschlossenen Cylinder *c* aus porösem Thon, dessen innerer Durchmesser eben ausreicht, die Zinkelektrode aufzunehmen. Sind die beiden Pole *s* und *f* des Elements oder die beiden freien Pole *p n* der Batterie (Fig. 6) durch einen kurzen, gut leitenden Draht unter einander direct verbunden, so nennt man das Element resp. die Batterie

---

[1]) Die Pole der einzelnen Elemente sind unter einander durch Schrauben verbunden und *p n* sind die freien positiven und negativen Pole, welche an den festen Leitungskreis anschliessen (Hintereinanderschaltung der Elemente).

„kurz geschlossen“. In dieser Verbindung kommt die aus dem elektrischen Strome erzeugte Wärme fast ausschliesslich innerhalb des galvanischen Elementes resp. der galvanischen Batterie zur Entwicklung. Der Leitungswiderstand des kurz geschlossenen Elements ist der innere Widerstand w desselben,

Fig. 7.



welcher für diese Form und Grösse etwa 4 S . E beträgt. Die in der Zeiteinheit entwickelte Wärme resp. die durch den elektrischen Strom geleistete Arbeit A ist $= J^2 w$, dem Product aus dem Quadrat der Stromstärke J in den Widerstand w des kurz geschlossenen Elements. Die Stromstärke J, nach dem Ohm'schen Gesetz, gleich der elektromotorischen Kraft E des Elements, dividirt durch den Widerstand w des Kreises mit ihrem Werth $J = \frac{E}{w}$ in diese Gleichung eingeführt, liefert $A = \frac{E^2}{w}$.

Wird in Stelle des kurzen, gut leitenden Drahts eine längere Leitung eingeschaltet (Fig. 8), deren Widerstand W nicht zu vernachlässigen ist, so berechnet sich die Stromstärke J aus $J = \frac{E}{w + W}$, wonach $A = \frac{E^2}{w + W}$.

Die im Element entwickelte Wärme vertheilt sich hier über den ganzen Stromkreis. Sofern wir, wie für die Lichtbildung, die Wärmewirkung suchen, wünschen wir aber die möglichste Concentration der Wärmeausgabe für einen Punkt oder bei getheiltem Licht für einzelne Punkte des äussern Leitungskreises, d. h. für diejenigen Stellen, an denen das elektrische Licht erscheinen soll. Dies wird erreicht durch Einschaltung schlechter Leiter daselbst

Fig. 8.

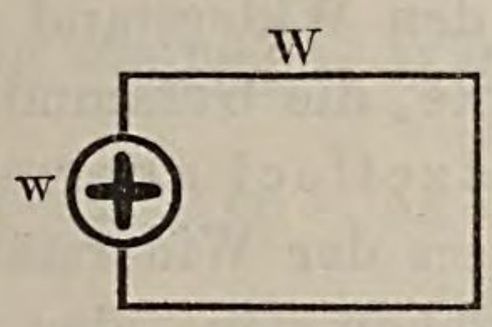
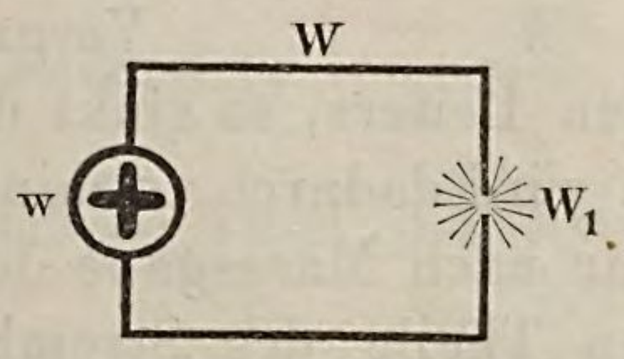


Fig. 9.



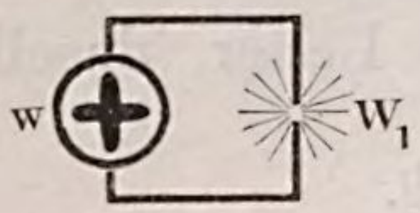
(Platindrähte etc.) durch deren Glühen das Licht zu bilden ist. Fig. 9 zeigt eine derartige Verbindung, wo W_1 der Widerstand dieses schlechten Leiters. Hier ist $J = \frac{E}{w + W + W_1}$ und $A = \frac{E^2}{w + W + W_1}$. In dieser Verbindung wird, wie bekannt, das Maximum der Stromstärke erzielt, wenn die gegebene Elektricitätsquelle so combinirt ist, dass $w = W + W_1$ und das Maximum der Wärmeentwicklung im schlechten Leiter, wenn $W_1 = w + W$.

Wie sich die Gesammtwärme A im Schliessungskreise berechnet, so auch die Wärmeausgabe A_1 für die einzelnen Theile desselben. Dieselbe beträgt für den schlechten Leiter W_1 sonach $J^2 W_1$; in unserm Falle also, nach Einführung des Werthes für J, $A_1 = \frac{E^2}{(W + W + W_1)^2} W_1$. Ist der Kreis nun auf das Maximum der Wärmeentwicklung geschaltet, also $W_1 = w + W$, dann beträgt die Wärmeausgabe in W_1 ein Viertel der Wärme,

welche in der Verbindung Fig. 8, also in dem Kreise ohne W_1 entwickelt wird. Mehr Wärme lässt sich für W_1 nicht erzielen.

Sollen beide Maximalwirkungen für Stromstärke und Wärme vereinigt werden, so haben wir den Widerstand W aus der Verbindung Fig. 9 auszuschliessen; da dies aber nicht thunlich, so würde W durch die Wahl eines Drahtes aus gut leitendem Material (möglichst reines Kupfer) von möglichst grossem Querschnitt in dem Maasse zu vermindern sein, dass W gegen W_1 und w zu vernachlässigen wäre. Denken wir uns solches Arrangement in Fig. 10, so würde, wenn $w = W_1$, sowohl die Stromstärke wie auch die nutzbare Wärme ein Maximum werden und in W_1 ein Viertel der Wärme zur Ausgabe gelangen, welche sich im kurz geschlossenen Element (S. 20) entwickelt.

Fig. 10.



Vergrössert man den Widerstand W_1 des schlechten Leiters, so sinkt die Stromstärke, die Gesammtwärmeausgabe wird dadurch vermindert, der Nutzeffect aber erhöht, und zwar nach Maassgabe des Verhältnisses der Widerstände der einzelnen Theile des Stromkreises. Angenommen, der Widerstand w der gewählten Verbindung betrage $1\,S.E$[1]), so wäre nach dem Ohm'schen Gesetz die Stromstärke $J = \frac{E}{w} = \frac{1}{1} = 1$ und die Wärmeausgabe innerhalb des kurz geschlossenen Elements, nach dem Joule'schen Gesetz, $A = \frac{E^2}{w} = \frac{1^2}{1} = 1$, wobei wir der bessern Uebersicht wegen die elektromotorische Kraft des Elements $= 1$ setzen.

Befindet sich aber innerhalb der Verbindung Fig. 10 ein schlechter Leiter, dessen Widerstand W_1 ebenfalls $= 1\,S.E$, so ist der Gesammtwiderstand des Kreises $1 + 1 = 2$, also $J = \frac{1}{2}$ und die gesammte Wärmeausgabe im Kreise $A = \frac{1^2}{2} = \frac{1}{2}$, während die im schlechten Leiter zur Entwicklung kommende

---

[1]) Da das Bunsen'sche Element (Fig. 7) einen innern Widerstand von $4\,S.E$ hat, so würden vier solcher Elemente nach Fig. 3 parallel zu schalten sein, um daraus ein grösseres Element von $1\,S.E$ Widerstand zu bilden.

Wärme $A_1 = \frac{1^2}{2^2}\ 1 = \frac{1}{4}$, also die Hälfte der Gesammtwärme im Schliessungskreise, wobei das zweite Viertel auf den andern Theil des Kreises entfällt. Die Verdopplung des Widerstandes vermindert sowohl die Stromstärke, wie auch die Wärmeentwicklung auf die Hälfte, und von der halben Wärmeausgabe entfallen gleiche Theile auf die beiden gleichen Widerstände, aus denen der Schliessungskreis gebildet ist. Dies ist das Maximum der Wärmeausgabe im schlechten Leiter.

Wird derselbe auf 4 $S\,E$ Widerstand erhöht, beträgt also der Gesammtwiderstand des Kreises $5\,S\,.\,E$, so erhalten wir die Stromstärke $J = \frac{1}{5} = 0{,}20$ und als Gesammtwärme $A = \frac{1^2}{5} = 0{,}20$; während sich die im schlechten Leiter W_1 zur Entwicklung kommende Wärme nach der Formel $A_1 = \frac{E^2}{(w + W_1)^2}\ W_1$ zu $\frac{1^2}{5^2}\ 4 = 0{,}16$ und für den andern Theil des Kreises zu $\frac{1^2}{5^2}\ 1 = 0{,}04$ der Gesammtwärme berechnet. Obgleich also im letzten Falle die Gesammtwärme (0,20) weniger als die Hälfte der Gesammtwärme (0,50) in der vereinigten Maximalwirkung für Stromstärke und Wärmeausgabe beträgt, finden wir doch nur eine verhältnissmässig geringe Wärmeabnahme im schlechten Leiter und zwar 0,16 gegen 0,25. Wir überzeugen uns daraus, dass es durch Erhöhung des Widerstandes im schlechten Leiter möglich ist, die Wärme des Kreises behufs der Verwerthung hier zu concentriren resp. solche den übrigen Theilen desselben zu entziehen, unter Verminderung der Stromstärke und somit der Gesammtwärmeausgabe. Solches Arrangement ist unter Umständen sehr erwünscht, namentlich dann, wenn es darauf ankommt, die Erhitzung der Drahtwicklungen dynamo-elektrischer Maschinen [1]) zu verhindern. Im Uebrigen ist leicht einzusehen, dass für gleiche Wirkungen die relativ grössere Wärmeausgabe im schlechten Leiter eine stärkere Elektricitätsquelle fordert.

---

[1]) Die hier betrachteten Verhältnisse passen auch auf die mit dynamo-elektrischen Maschinen betriebenen Lichtkreise.

Möglichst geringen Widerstand sowohl in der Elektricitätsquelle wie auch in der Verbindung derselben mit dem leuchtenden Punkt zu haben ist durchaus nothwendig, wenn nicht ein zu grosser Wärmeantheil nutzlos verbraucht werden soll. In praktischen Lichtkreisen entfernt man sich in der Regel thatsächlich nicht weit von unseren Beispielen, d. i. 1 *S*. *E* Widerstand für die Elektricitätsquelle, nahe ebensoviel für die Zuleitung und bis 4 *S*. *E* Widerstand innerhalb des brennenden Lichtes. Sofern das Licht für den praktischen Gebrauch mittelst Bunsen'scher Elemente à 4 *S*. *E* innern Widerstand erzeugt werden soll, genügt ein Element nicht. Wären dazu etwa 64 Elemente gegeben, so würden sich aus der Seite 15 für einen solchen Fall entwickelten Formel $x = \sqrt{\frac{W \,.\, n}{w}}$ ergeben $x = \sqrt{\frac{1 \,.\, 64}{4}} = 4$. Die Batterie von 64 Elementen würde sonach in 16 Reihen à 4 Elemente zu schalten sein, was dem gewünschten Gesammtwiderstand von 1 *S* . *E* entspricht; und man hätte thatsächlich eine Batterie von nur 4, aber 16mal grösseren Elementen mit je 0,25 *S*. *E* Widerstand. In diesem Falle würde als Ausdruck für die elektromotorische Kraft die Zahl der gebildeten grösseren Elemente, also 4 [1]), in die Rechnung einzuführen sein, um sowohl die Stromstärke *J* wie auch die Wärmeausgabe *A* innerhalb des Kreises resp. letzterer innerhalb der einzelnen Theile desselben zu bestimmen.

Dass das Ohm'sche Gesetz die Stromstärke nur nach dem Gesammtwiderstand des Schliessungskreises angiebt, während auf Grund des Joule'schen Gesetzes die Wärmeausgabe sowohl für den ganzen Kreis wie für die einzelnen Theile desselben zu berechnen ist, je nachdem der Gesammtwiderstand oder der Widerstand einzelner Abschnitte einbezogen wird, wollen wir hierbei nochmals besonders betonen.

Der Gebrauch kräftiger Elementformen zur Erzeugung des elektrischen Lichtes erfolgt mit Rücksicht auf deren höhere elektromotorische Kraft und deren geringen innern Wider-

---

[1]) Wir haben früher (S. 16) die elektromotorische Kraft des Daniell'schen Elements als Einheit dieser Kraft bezeichnet. Die elektromotorische Kraft des Bunsen'schen Elements ist aber = 1,65 Daniell. Wollte man also mit diesen Einheiten rechnen, wie in der Regel geschieht, so würde statt „4" der Werth 4 . 1,65 = 6,60 für die elektromotorische Kraft ersterer Combination zu setzen sein.

stand, also wegen des daraus zu erwartenden stärkern elektrischen Stromes, welcher nach dem Joule'schen Gesetz selbstverständlich mehr Wärme in der Zeiteinheit entwickelt, als der schwächere Strom. Die gesammte von einem Bunsen-Element oder einer Bunsen-Batterie auszugebende Wärme ist auf 1400 Wärmeeinheiten [1]) (Kilogramm-Calorien) pro Kilogramm zur Strombildung verbrauchten Zinks ermittelt. Da dem Zinkverbrauch ein bestimmter Verbrauch des andern Batteriematerials entspricht, so lassen sich die Kosten für Unterhaltung des elektrischen Lichtes mit Bunsen'schen Batterien leicht berechnen. Dieselben belaufen für den Zinkverbrauch allein, wenn, wie in der Verbindung Fig. 10, die Hälfte der disponibeln Wärme $\left(\frac{1400}{2} = 700\ C\right)$ nutzbar gemacht wird, auf 0,6 Mark, sonst aber auf ppr. 0,3 Mark pro 1000 Calorien (C), sofern die directe Auflösung [2]) des Zinks in der dasselbe umgebenden Säure verhindert wird und der Werth der aus dem chemischen Process innerhalb des Elements resp. der Batterie entstehenden Nebenproducte unberücksichtigt bleibt, was insofern zu unterstellen ist, als man zur Benutzung galvanischer Batterien behufs Erzeugung des elektrischen Lichtes nur als Auskunftsmittel greifen wird, in dem Falle, wo dasselbe seltener gebraucht werden soll und solche vereinzelte Benutzung nicht im Verhältniss stehen würde zu den Kosten der Anlage, oder wo diese aus anderen Rücksichten nicht zulässig sein sollte.

Die Kosten für das dem Zinkverbrauch entsprechende sonstige Material als Salpetersäure, Schwefelsäure, Quecksilber etc. stellen sich etwa fünfmal höher als die Ausgaben für das Zink, so dass sich aus dem Gesammtverbrauch in der Bunsen'schen Batterie der Betrag von 3,6 resp. 1,8 Mark pro 1000 C ergiebt.

Unsere Betrachtungen über die Wärmeausgabe des elektrischen Stromes im Schliessungskreise haben ganz allgemeine Gül-

---

[1]) Wärmemenge, welche 1 kg Wasser von 0^0 auf 1^0 C. erwärmt.

[2]) Der directen Auflösung sucht man durch Amalgamiren des Zinks mit Quecksilber entgegenzuwirken, dennoch entfällt ein Theil des Verbrauchs auf diesen Process. Die daraus entwickelte Wärme geht für den Betrieb verloren, weil die Strombildung an diesem Nebenverbrauch nicht Theil nimmt und die Wärme nur durch den Strom über den ganzen Schliessungskreis vertheilt werden kann.

tigkeit, ob die Elektricität durch galvanische Batterien oder durch andere Quellen, also auch mittelst dynamo-elektrischer Maschinen, erzeugt wird.

§. 4.

Die dynamo-elektrische Maschine (Construction Siemens).

Praktische Bedeutung für die Lichtbildung haben neben den galvanischen Batterien aber eigentlich nur diese Maschinen. Die verschiedenen Constructionen derselben [1]) im Text zu behandeln erscheint uns nicht zweckmässig. Wir ziehen es vor, an dieser Stelle nur soviel davon zu bringen, als erforderlich ist, um die Wirkung der dynamo-elektrischen Maschine allgemein verständlich darzustellen, und wählen die Siemens'sche Construction,

Fig. 11.

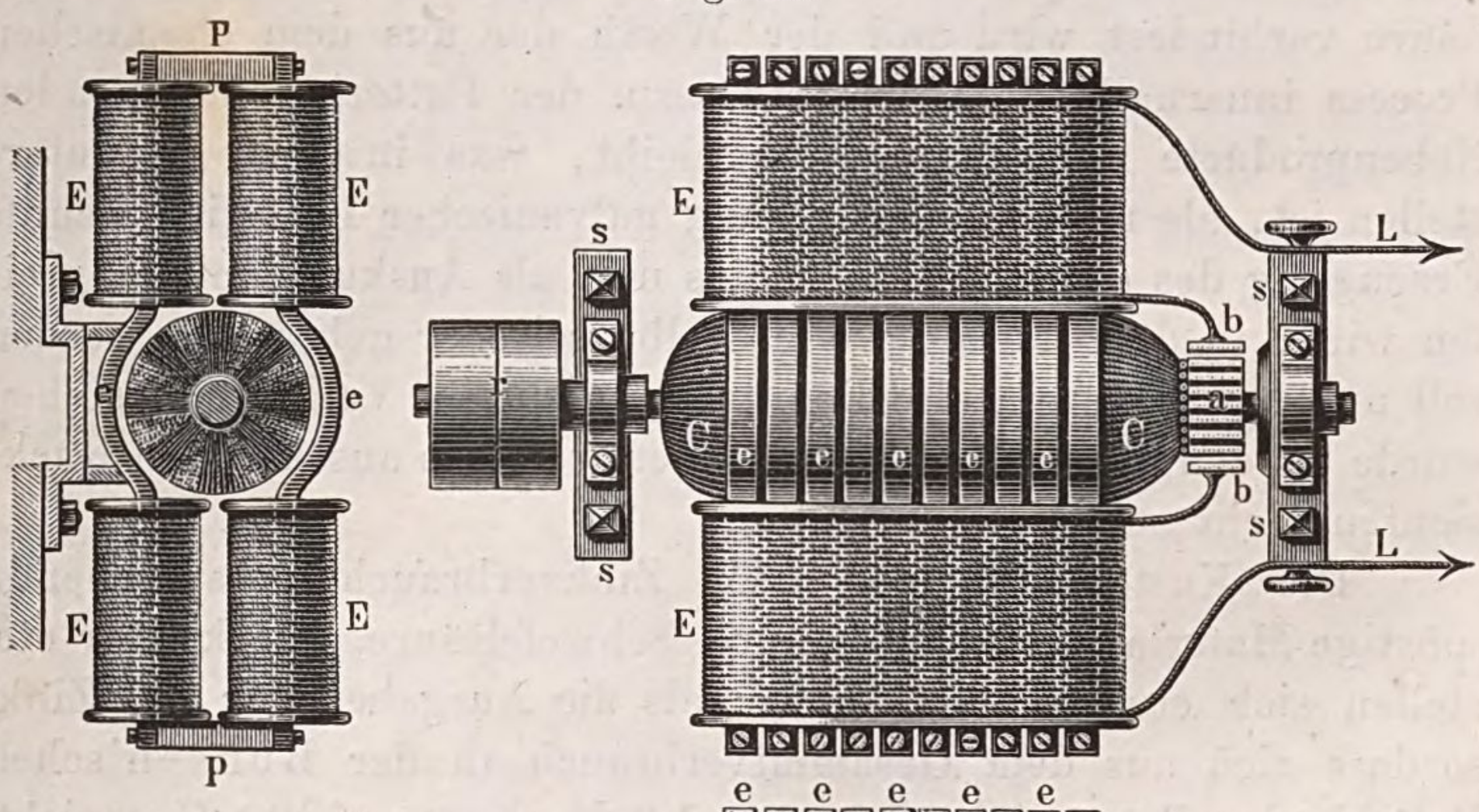
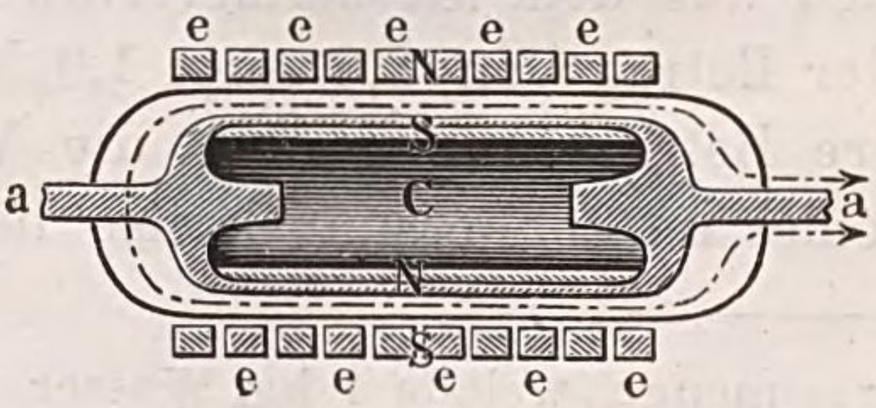


Fig. 11 a.



weil darin die inneren Verhältnisse und Vorgänge am einfachsten und durchsichtigsten erscheinen.

In Fig. 11 präsentiren wir eine derartige Maschine für con-

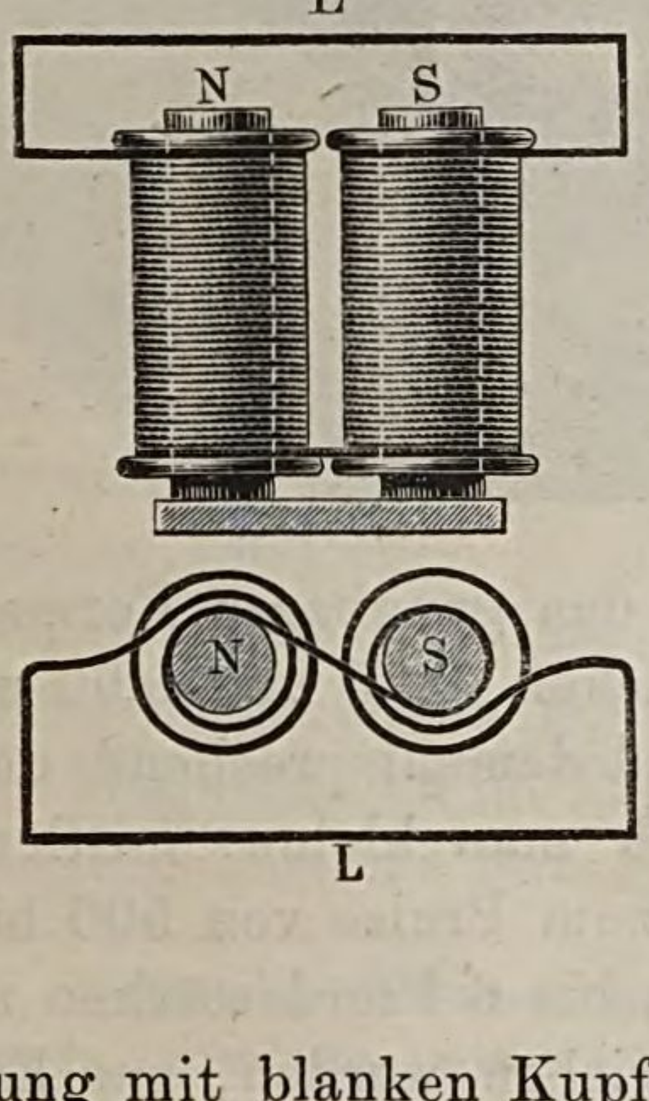
[1]) Auskunft darüber giebt der 2. Abschnitt.

tinuirliche, d. i. ununterbrochen in derselben Richtung, wie aus galvanischen Batterien abfliessende Ströme.

Mittelst Treibriemens wird die mechanische Kraft eines Dampfmotors etc. auf einen mit isolirtem Draht (Kupferdraht mit isolirendem Material bekleidet) bewickelten Eisencylinder *C* (Inductor) übertragen, dessen Achse in den beiden eisernen Ständern *s s* ruht und in der Riemenscheibe *r* endigt. Diese rotirende Bewegung setzt sich innerhalb der Drahtwicklungen des Inductors, und zwar unter dem Einfluss des Magnetismus der beiden Elektromagnete *E E* in Elektricität um, welche als continuirlicher Strom in die Elektromagnetwindungen und demnächst in die mit zwei freien Enden derselben zum Kreise verbundenen äusseren Leitungen *L L* eintritt.

Die in ihrer Mitte zur vollkommenen Rundung ausgebogenen Eisenstäbe *e e* bilden den Kern der beiden Elektromagnete und sind an ihren Enden durch Eisenplatten *p* zur Hufeisenform verbunden. Ueber den geraden Theilen dieser Kerne befinden sich die Elektromagnetwicklungen, welche sich von denen der gewöhnlichen Elektromagnete mit cylindrischen Kernen (Fig. 12) in der Art der hier markirten Wicklung nicht unterscheiden, deren freie Enden sich zum Leitungskreise *L* schliessen, in welchem bei der dynamo-elektrischen Maschine das elektrische Licht erscheint. Innerhalb der Kernausrundung befindet sich der in Fig. 11 a im Durchschnitt dargestellte rotirende Inductor *C*, welcher in der Längenrichtung, auf der ganzen Oberfläche, wie durch gebrochenen Linien markirt, mit isolirtem Draht derart bewickelt ist, dass die Drähte einer vollen Windung stets diametral einander gegenüberliegen [1]). Diese Windungen stehen in metallischer Verbindung mit blanken Kupferstreifen, welche auf der Oberfläche des mit dem Inductor *C* festverbundenen cylindrischen Ansatzes *a*

Fig. 12.



---

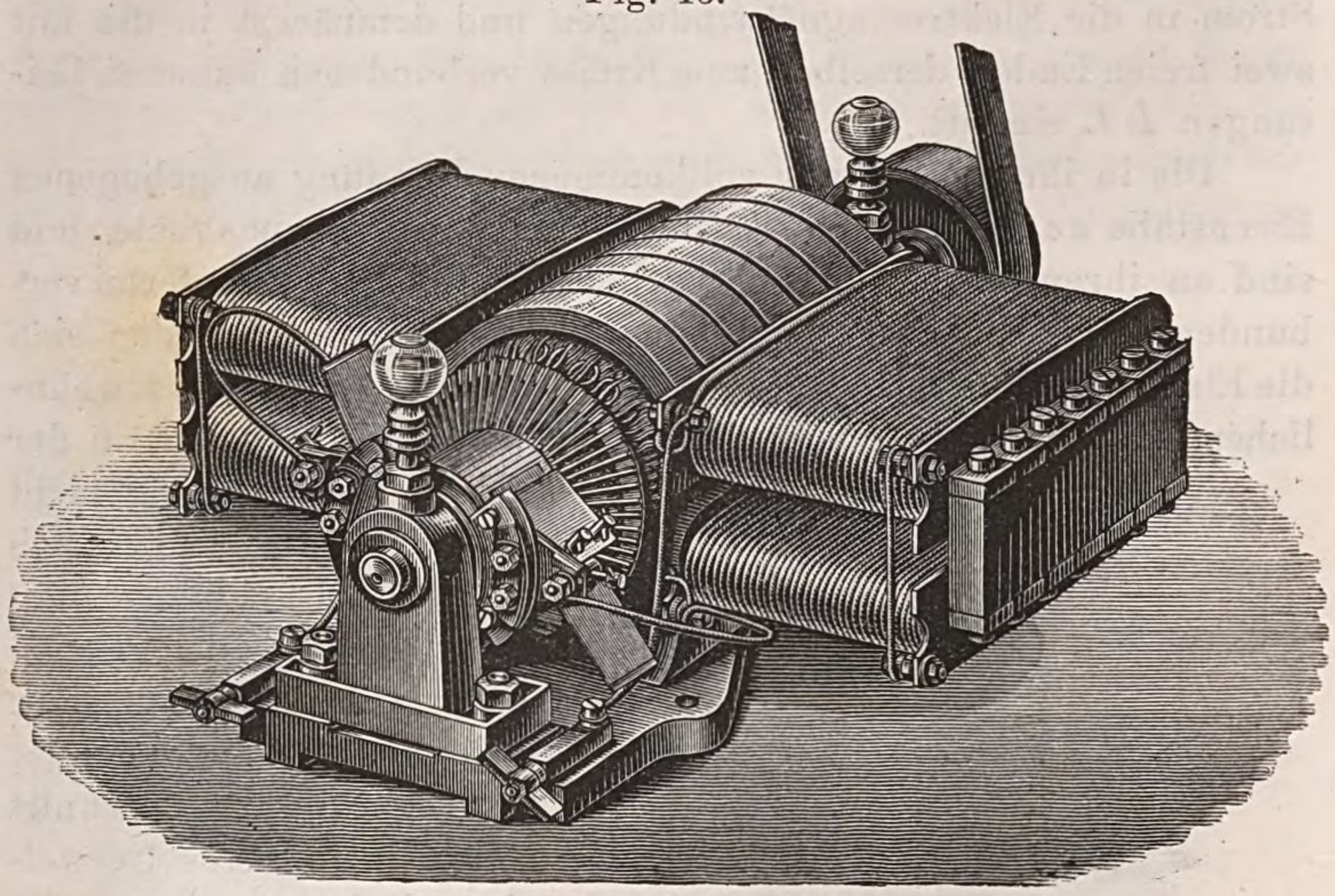
[1]) Die Einrichtung des Inductors und dessen Wicklung ist im zweiten Abschnitt speciell angegeben.

(Commutator [1]) aus isolirendem Material parallel der Drehungsachse eingefügt sind und auf denen während der Drehung die genau gegenübergestellten Metallbürsten *b* schleifen, welche an die zweiten beiden freien Enden der Elektromagnetwicklung leitend anschliessen.

In dieser Anordnung bilden somit die Wicklungen des Inductors *C* und der Elektromagnete *E E* in Verbindung mit der äusseren Leitung *L* einen ununterbrochenen leitenden Kreis.

Fig. 13 giebt ein vollständiges Bild der Siemens'schen dynamo-elektrischen Maschine. Die Dimensionen dieser Maschine

Fig. 13.



sind verschieden, ihre Länge wechselt in den gangbaren Formen zwischen 0,50 und 1 m, ihre Breite zwischen 0,25 und 0,90 m, ihre Höhe zwischen 0,25 und 0,50 m, und dementsprechend das Gewicht zwischen 65 und 500 kg, wonach man kleine, mittlere und grosse Maschinen in vier Nummern zum Preise von 500 bis 3300 Mark unterscheidet, welche mit $1^1/_2$ bis 6 Pferdestärken in Touren von 1200 bis 450 pro Minute betrieben werden, zur Erzeugung von 700 bis 12 000 Normalkerzen Lichtstärke (S. 2).

---

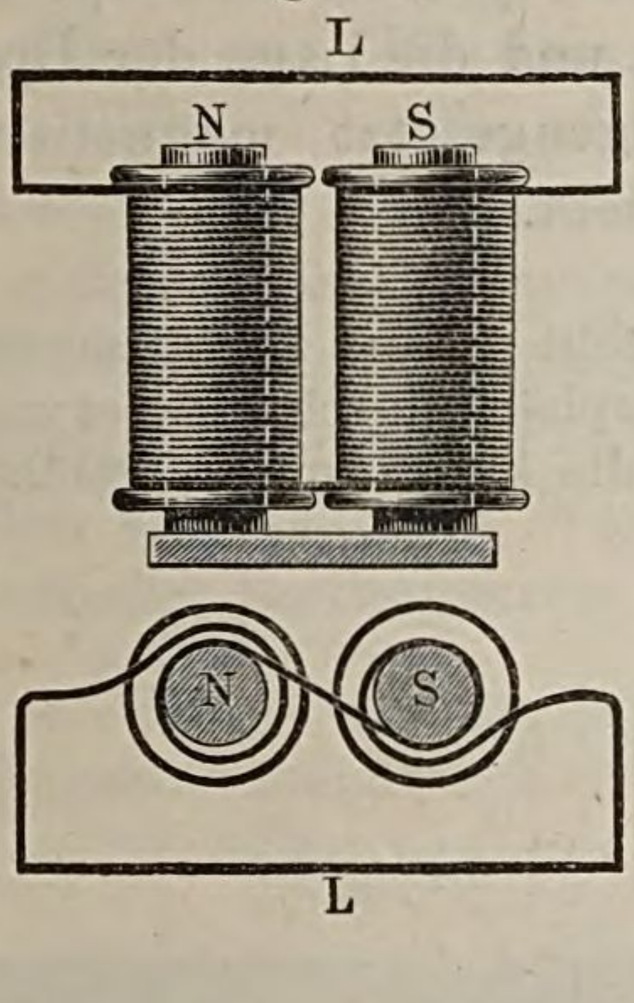
[1]) Die Einrichtung des Commutators ist im zweiten Abschnitte specieller behandelt.

§. 5.

Vorgänge in der dynamo-elektrischen Maschine.

Es dürfte allgemein bekannt sein, dass der die Windungen eines gewöhnlichen Elektromagneten (Fig. 14) durchfliessende elektrische Strom die Eisenkerne magnetisirt, so dass sich an den freien Enden derselben ein Nordpol *N* und ein Südpol *S* bildet, und ebenso dass dieser Magnetismus mit Unterbrechung des elektrischen Stromes zum grössten Theile wieder verschwindet; stets aber ein geringer Grad von Magnetismus im Eisen zurückbleibt (remanenter Magnetismus). Dieser schwache remanente Magnetismus bildet die Grundkraft für dynamo-elektrische Maschinen. Aus derselben, also aus dem remanenten Magnetismus der Eisenkerne *e e* (Fig. 11 und 11 a), entstehen in den Drahtwindungen, bei hinreichend schneller Drehung des Cylinders *C*, dessen Eisentheile durch den remanenten Magnetismus der Kerne, aus der magnetischen Vertheilungskraft ebenfalls, aber entgegengesetzt magnetisch erregt werden, sehr schwache Inductionsströme [1]). Dieselben treten aus dem Inductor über die schleifenden Bürsten *b* in die Windungen der Elektromagneten *E E* und demnächst in die Leitung *L*. Dadurch werden die Eisenkerne der Elektromagnete stärker magnetisirt, was eine Verstärkung des Magnetismus im Eisencylinder und der in *C* weiter gebildeten Inductionsströme zur Folge hat, die wiederum verstärkend auf

Fig. 14.



---

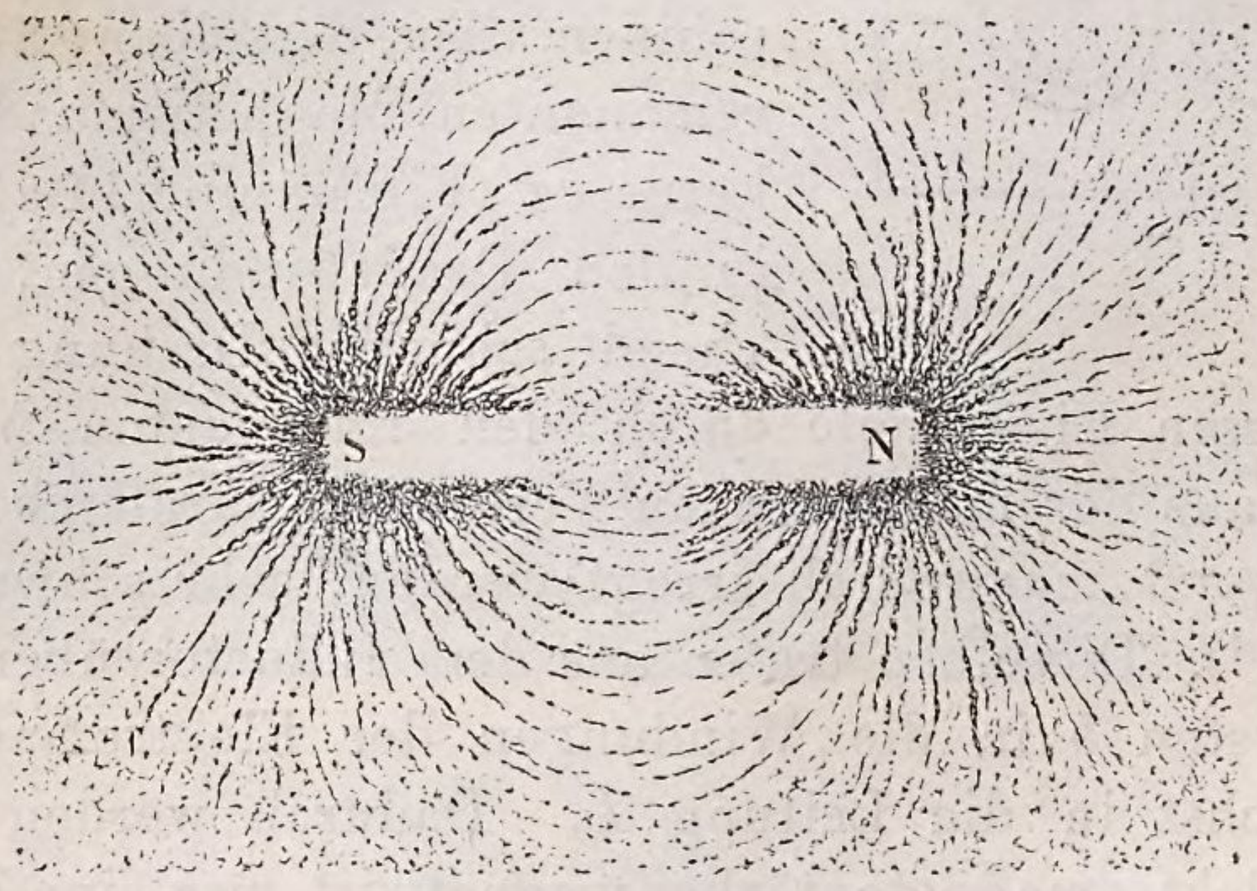
[1]) Die Inductionsströme unterscheiden sich von den Batterieströmen darin, dass sie grössere Spannung haben, deshalb den Leiter schneller durchfliessen und nur von ausserordentlich kurzer Dauer sind resp. nur in momentaner Wirkung auftreten, während der galvanische Strom bei geschlossenem Kreise fortwährend aus der Batterie abfliesst. Zur continuirlichen Wirkung muss deshalb eine Reihe von Inductionsströmen in schneller Folge in die Leitung eintreten können.

den Magnetismus der Eisenkerne wirken und so fort, in wechselseitiger Verstärkung des Magnetismus und des elektrischen Stromes. In solcher Weise können in kurzer Zeit die stärksten elektrischen Ströme erzeugt werden. Die Wicklungen der Elektromagnete sind so angeordnet, dass die in der Rundung der Elektromagnetkerne (Fig. 11 a) vereinigten Pole gleiche Polarität haben, so dass auf der einen Seite des Cylinders *C*, entsprechend der Polarität des remanenten Magnetismus, also der Grundkraft, Nordmagnetismus (*N*), auf der andern Südmagnetismus (*S*) indu-cirend wirkt, woraus die Eisentheile des Cylinders *C* resp. süd- und nordpolar (*S* und *N*) erregt werden, und die Lage der Drahtwindungen desselben zwischen entgegengesetzt magnetisirten Flächen [magnetische Felder [1])] sich ergiebt.

---

[1]) Unter magnetischem Feld versteht man die Umgebung eines Magneten, dessen kräftige Wirkungssphäre durch die bekannten Kraftlinien (Fig. 15) bezeichnet wird. Für die kreisförmigen Polflächen

Fig. 15.



eines Hufeisenmagneten ergiebt sich das Bild (Fig. 16) und zwischen gleichnamigen Polen (Fig. 17) widerstreben die Kraftlinien einander im Zusammentreffen.

Bei den magnetisirten Kernen der Elektromagnete zeigt sich selbstverständlich dieselbe Erscheinung.

In der Elektrotechnik wird unter dem magnetischen Felde vorzugsweise der Raum zwischen den entgegengesetzten Polen zweier Elektromagnete verstanden, welche in vereinter Wirkung die kleinsten Theilchen der eingeschlossenen Luft und der darin befindlichen Körper polarisiren. Das magnetische Feld ist um so kräftiger, je stärker der Magnetismus

Bei den magnet-elektrischen Maschinen ist die magnetische Gesammtkraft in permanenten Magneten gegeben, und somit bis zu einem gewissen Grade unveränderlich; bei den dynamo-elektrischen Maschinen wird dieselbe aber, nach dem soeben betrachteten Vorgange, aus schwacher Grundkraft durch Elektromagnete entwickelt [1]) und lässt sich sehr bedeutend über die Kraft permanenter Magnete erhöhen [2]). Hierin ist die Ueberlegenheit der dynamo-elektrischen Constructionen vorzugsweise mit begründet, weil kräftige Inductionsströme in erster Linie starke magnetische Kraft fordern. Der Vorgang in den magnet-elektrischen Maschinen zur Bildung von Inductionsströmen ist im Wesentlichen derselbe wie bei der dynamo-elektrischen Maschine, lässt sich aber, namentlich in den einfachsten Formen der magnet-elektrischen Apparate, leichter übersehen. Fig. 18 a. f. S. stellt einen solchen einfachen Apparat dar. *M* ist der permanente Magnet, unter dessen Polen *N S* der Elektromagnet *E E* (Inductor) in der angedeuteten Weise gedreht werden kann, während der eigentliche Leitungskreis *L* ebenfalls durch Schleifcontacte auf

---

und je kleiner die Entfernung unter den gegenübergestellten Polen. Homogenes magnetisches Feld nennt man die kräftige Wirkungssphäre

Fig. 16.

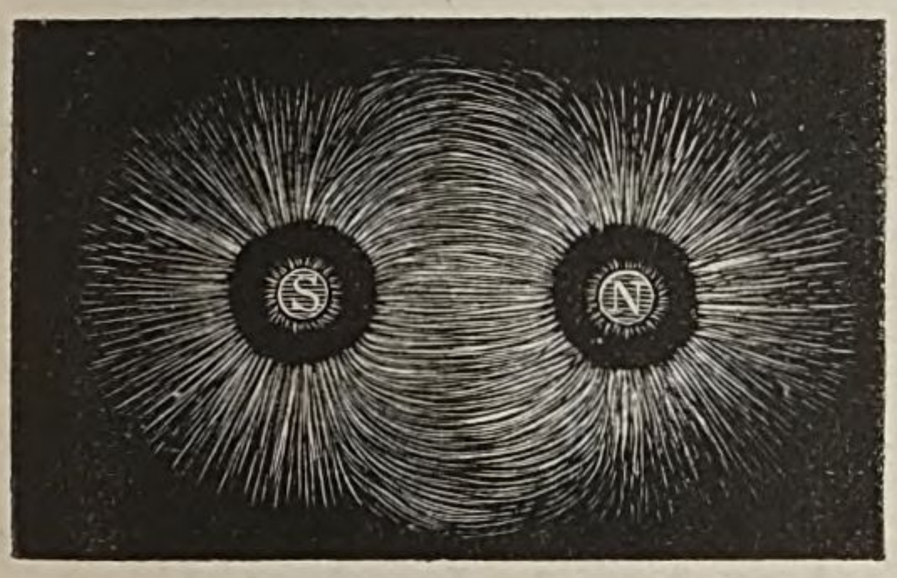
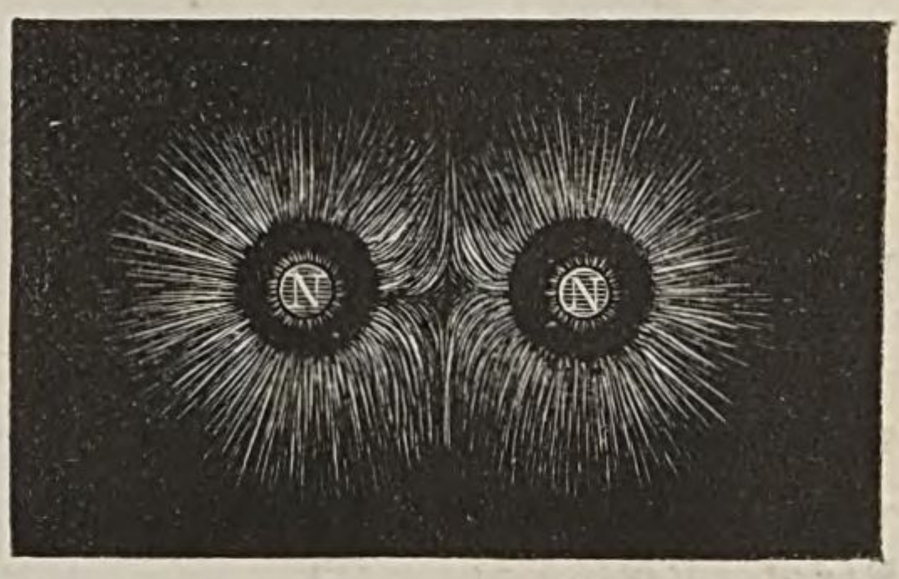


Fig. 17.



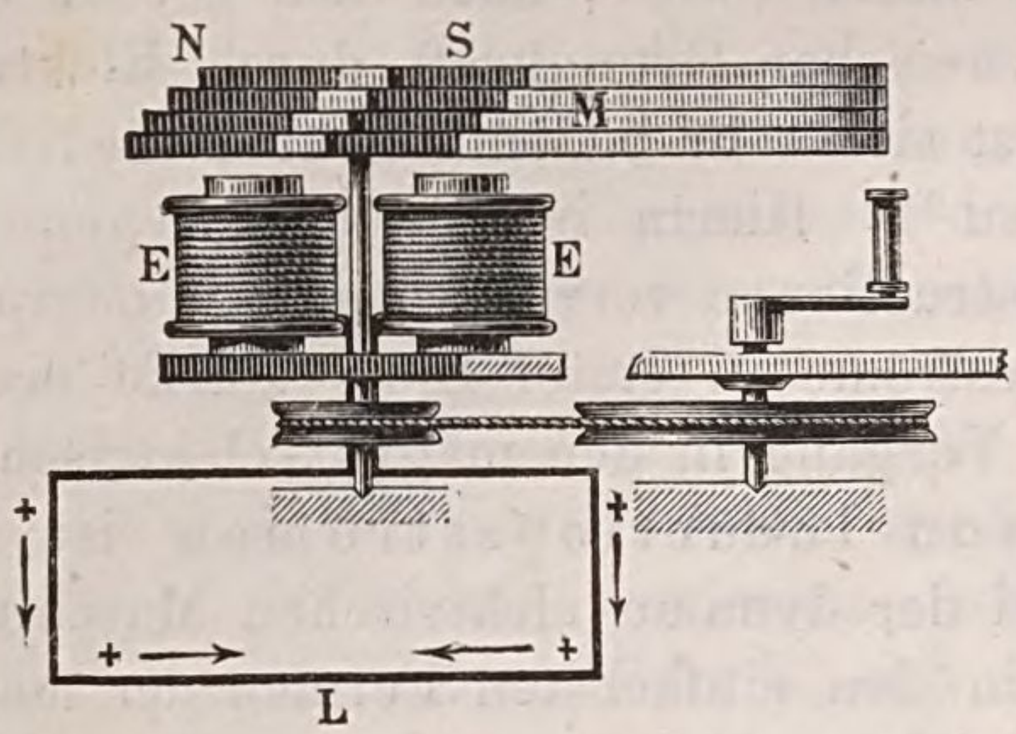
zweier entgegengesetzt aber gleichmässig magnetisirter Polflächen grösserer Ausdehnung bei paralleler Stellung zu einander.

[1]) Das Product aus der Zahl der Drahtwindungen und der Stromstärke bestimmt die magnetisirende Kraft; der Magnetismus kann sich in den Kernen des Elektromagneten um so stärker entwickeln, je grösser die Eisenmasse derselben ist.

[2]) Elektromagnete können bis zur Sättigung der Eisenkerne (Maximum) magnetisirt werden, was für permanente Magnete nicht zu erreichen, abgesehen davon, dass diese dauernd an magnetischer Kraft verlieren, namentlich durch Erschütterungen, welche in der Bewegung magnet-elektrischer Maschinen unvermeidlich.

der Drehungsachse mit den bis dahin verlängerten freien Enden der Inductorrollen *EE* in leitender Verbindung steht. In Folge der Drehung des Inductors wechselt die Polarität der Eisenkerne desselben bei jeder halben Umdrehung mit der veränderten Lage derselben unter den beiden Polen des permanenten Magneten; dadurch entsteht während jeder halben Umdrehung in den Inductorwindungen und der damit verbundenen Leitung ein momentan wirkender Inductionsstrom [1]). Die ganze Umdrehung des Inductors liefert somit zwei solcher Ströme, welche aber wegen der wechselnden Polarität der Eisenkerne entgegengesetzte Richtung haben (Wechselströme), wie die Pfeile im Leitungskreise *L* andeuten. Folgen diese beiden Ströme, wie hier in der Leitung *L* hintereinander, so nennt man den Betrieb zur Unterscheidung vom Betriebe mit continuirlichen Strömen (S. 27) „Wechselstrombetrieb“. Sollen die im Inductor erzeugten Wechselströme in continuirliche Ströme umgebildet werden, so bedarf es eines besondern Stromwenders (Commutator) in Verbindung mit den einfach schleifenden Contacten der bisher betrachteten Siemens'schen Maschine.

Fig. 18.



Treten Wechselströme gleichzeitig im Kreise auf, so müssen sie sich in ihrer Wirkung gegenseitig aufheben, wenn von gleicher Stärke; im andern Falle aber, entsprechend der Stärkedifferenz, sich gegenseitig schwächen. In der dynamoelektrischen Maschine fallen die entgegengesetzt gerichteten Ströme aus der gleichzeitigen Wirkung beider Magnetpole meist zusammen; es ist aber durch Anordnung der Schleifcontacte (Bürsten *b*) dafür gesorgt, dass dieselben aus dem Kreise, in welchem sie erzeugt werden, vereint in die Elektromagnetwindungen resp. in den äussern Leitungskreis

---

[1]) Wie in Fig. 14 der Strom die Kerne magnetisirt, so erzeugen, umgekehrt, anderweit magnetisirte Kerne Ströme in den Drahtwindungen.

eintreten können, sich also in ihrer Wirkung verstärken und als continuirliche Ströme verlaufen, wie aus Fig. 19 zu erkennen, und zwar in genauer Uebereinstimmung mit der Parallelschaltung galvanischer Elemente (Fig. 3 a), indem wir uns solche in gleicher Zahl und gleicher Stärke in der obern und untern Hälfte des Kreises vertheilt denken. Je mehr Berührungspunkte die schleifenden Metallbürsten *b* auf dem Commutator finden, je grösser also die Zahl der Kupferstreifen auf demselben resp. je mehr Punkte der Drahtwindung des Inductors *C* als freie Contactstellen von den Schleifbürsten während der Rotation getroffen werden, desto ungestörter verlaufen die Ströme im Gesammtkreise.

Noch leichter dürfte die Entstehung und Wirkung der Inductionsströme am einfachen allgemein bekannten Bell'schen Telephon (Fig. 20) zu übersehen sein. Ueber den permanenten Stabmagneten *N. S.* ist die Inductionsspirale *J* geschoben, deren

Fig. 19.

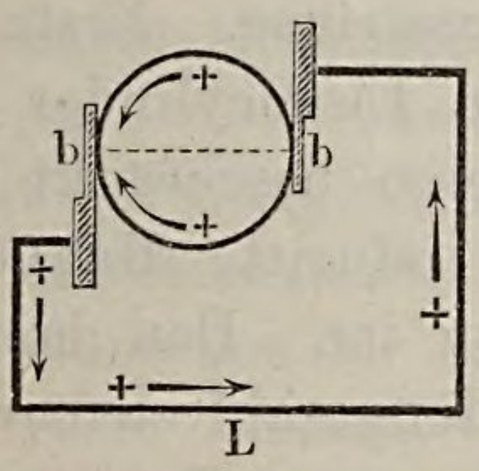
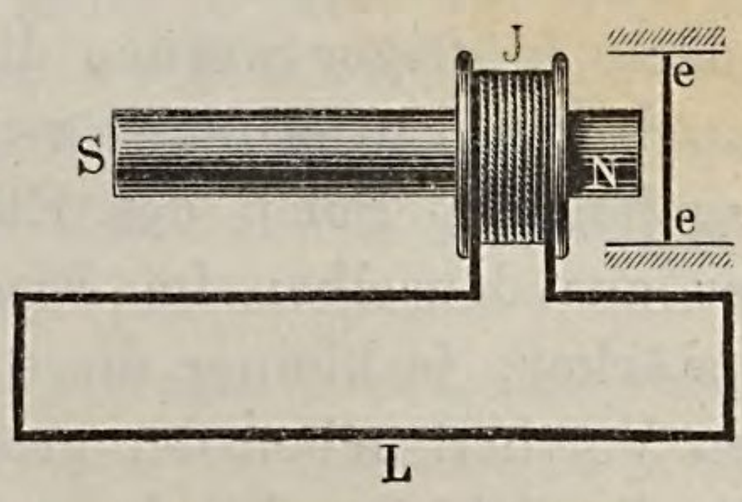


Fig. 20.



beide freien Enden mit der Leitung *L* verbunden sind. *e e* ist die runde Eisenplatte, welche durch Luftbewegung aus der gegen dieselbe geführten Sprache in Vibrationen versetzt wird. Diese Vibrationen, entsprechend den Bewegungen der magnet- oder dynamoelektrischen Maschine, bewirken in den fortwährend veränderten Lagen der Eisenplatte gegen den ihm nächstliegenden Magnetpol dauernde Aenderungen in der Stärke des Magnetismus, wodurch sich in den Windungen der Spirale *J* Inductionsströme bilden, welche im Kreise *L* verlaufen resp. Arbeit verrichten, wie galvanische Ströme. Diese Inductionsströme verstärken sich mit der Zahl der Spiralwindungen, in denen sie erzeugt werden und mit der Schnelligkeit der Plattenvibrationen resp. mit der Geschwindigkeit, in welcher sich die Veränderungen in der Stärke des Magnetismus vollziehen. So auch bei den magnet-elektrischen

und bei den dynamo-elektrischen Maschinen, welche für kräftige Wirkungen eine grössere Zahl von Windungen im Inductor oder eine stärkere Bewegung desselben verlangen. Dass die Inductorrolle beim Telephon den permanenten Magneten umgiebt und bei der magnet-elektrischen Maschine die Eisenkerne des Inductors, ändert nichts in der Sache, weil diese Eisenkerne, unter dem Einfluss des permanenten Magneten, durch die magnetische Vertheilungskraft magnetisirt werden und an der permanenten magnetischen Kraft nach Maassgabe ihrer Lagen in bestimmten Verhältnissen Theil nehmen, ebenso wie die Eisenplatte *e e* des Telephon.

In der dynamo-elektrischen Maschine mit der geringen Grundkraft des remanenten Magnetismus bildet sich die volle magnetische Kraft erst durch die Inductionsströme aus, welche in den Windungen des Eisencylinders *C* (Fig. 11), während dessen Drehung, ebenfalls aus den Veränderungen des Magnetismus resp. dem Wechsel der Polarität im Eisencylinder entstehen. Wir wiederholen, je stärker der wirksame Magnetismus, je grösser die Zahl der Windungen des Inductors und je schneller derselbe rotirt, desto kräftiger werden die Inductionsströme. Erstere sind aber durch die Entfernung zwischen dem Eisencylinder *C* und den ausgebogenen Polen des Elektromagneten beschränkt derart, dass der aus denselben im Eisencylinder inducirte Magnetismus um so stärker, je kleiner diese Entfernung ist. Den damit verknüpften Vortheil neben der grössern Windungszahl zu bewahren, muss die Bewicklung des Inductors aus dünnerem Draht gebildet werden, als die der Elektromagnete *E*. Der Gesammtwiderstand beider Wicklungen darf aber nur gering sein und den Widerstand einiger Siemens Einheiten nicht überschreiten, wenn die Wärmewirkung des elektrischen Stromes von der Maschine möglichst fern gehalten werden soll.

Der Rotationsgeschwindigkeit geht bei magnet-elektrischen Maschinen im Allgemeinen die Stromstärke proportional. Bei den dynamo-elektrischen Maschinen aber, in denen der Magnetismus von der Stromstärke abhängig ist, trifft die Proportionalität zwischen Strömen und Rotationsgeschwindigkeit nicht immer zu. Die Verhältnisse sind hier complicirter, sowohl für die Strombildung, wie für die Zunahme resp. für die Veränderung des Magnetismus, und weniger bekannt, als bei den magnet-elektrischen Maschinen mit gegebener magnetischer Kraft.

Die hier betrachteten Vorgänge verlaufen aber nicht rein, werden vielmehr durch secundäre Wirkungen mehr oder weniger beeinträchtigt, worüber wir das Erforderliche erst an anderen geeigneten Stellen einschalten wollen, theils die Hauptactionen besser zu trennen, theils in passenderem Uebergange das Verständniss mehr zu sichern.

§. 6.

Constanten und Arbeitsaufwand.

Die im §. 3 auf Grund der elektromotorischen Kraft E, Stromstärke J und dem innern Widerstande w der galvanischen Batterie resp. dem Widerstande W der Leitung ausgeführten Rechnungen lassen sich mit gewissen durch die veränderten Verhältnisse bedingten Modificationen auch auf solche Stromkreise anwenden, welche in Stelle der galvanischen Batterie magnet- oder dynamo-elektrische Maschinen als Elektricitätsquelle führen. Die elektromotorische Kraft ist hier abhängig von der Zahl der Drahtwicklungen, wie von der Zahl der Elemente bei galvanischen Batterien; und wie dort, bildet sich der innere Widerstand der Maschine aus der Summe der Widerstände der einzelnen Wicklungen resp. Elemente. Der äussere Widerstand erscheint in beiden Fällen in unveränderter Form, und die Stromstärke ist in der elektromotorischen Kraft und dem Gesammtwiderstande des Kreises durch das Ohm'sche Gesetz (§. 2) gegeben, aus welchem sich aber das Verhalten der Maschine in verschiedenen Verbindungen und bei verschiedener Rotationsgeschwindigkeit nicht unmittelbar herleiten lässt, wie das Verhalten der galvanischen Batterie innerhalb eines jeden Schliessungskreises.

Elektromotorische Kraft und innerer Widerstand, die sogenannten Constanten der galvanischen Batterie, sind auch die Constanten der magnet-elektrischen Maschine. Erstere kann selbstverständlich erst durch die Bewegung erregt werden, ist somit auch durch die Schnelligkeit der Drehung des Inductors bedingt, für gleiche Drehungsgeschwindigkeit indess constant. Bei der dynamo-elektrischen Maschine ist die elektromotorische Kraft aber auch vom äussern Widerstand abhängig und zwar wegen

der Veränderlichkeit des in erster Linie von der Stromstärke und der Windungszahl des Elektromagneten abhängigen Magnetismus, dessen höchster Grad auch gewissermaassen die Steigerung der elektromotorischen Kraft begrenzt.

Bei den magnet-elektrischen Maschinen nimmt die elektromotorische Kraft vom Beginn der Bewegung ab gleichmässig mit derselben zu, bis zu einem Maximum, welches vom Widerstande des Stromkreises nur in geringem Maasse, durch secundäre Wirkung, abhängig ist. Bei der dynamo-elektrischen Maschine findet diese Regelmässigkeit nicht statt, weil hier der Widerstand wesentlichen Einfluss auf die elektromotorische Kraft hat. Die Zunahme derselben wechselt in eigenthümlicher Weise bis zum Eintritt des Maximums, welches sich auch weniger gleichmässig erhält, als bei den magnet-elektrischen Maschinen. Widerstandsänderungen im äussern Kreise geben oft zu aussergewöhnlichen Erscheinungen Veranlassung. Wie die Vorgänge in den Maschinen weniger bekannt sind, so auch das Verhalten der elektromotorischen Kraft im Verlauf des Betriebes.

Drehungsgeschwindigkeit und Zahl der Drahtwindungen ergänzen sich in ihrem Einflusse auf die elektromotorische Kraft gewissermaassen gegenseitig. Durch verstärkte Rotation lässt sich für bestimmte Leistungen ein Theil der Drahtwindungen und durch Vermehrung derselben ein Theil der mechanischen Kraft ersetzen, vorausgesetzt, dass dabei der die elektromotorische Kraft ebenfalls beeinflussende Widerstand innerhalb des zulässigen Maasses bleibt.

Der von den Drahtwindungen abhängige innere Widerstand der Maschinen wird zur Vermeidung nutzlosen Wärmeverbrauchs möglichst eingeschränkt und beträgt bei der Siemens'schen dynamo-elektrischen Maschine etwa $\frac{1}{2}$ bis $2\,S\,.\,E.$ Ist darin ein bestimmtes Maass praktisch befunden, so ist die Zahl der hintereinander zu schaltenden Windungen abhängig vom Material und der Stärke des Drahts, welcher zur Erhöhung der Leitungsfähigkeit aus möglichst reinem[1]) Kupfer hergestellt wird,

---

[1]) Geringe Beimischung fremder Stoffe ändert die Leitungsfähigkeit des Kupfers schon ziemlich bedeutend.

sowie von der Stärke der Eisenkerne der Elektromagnete und den Dimensionen des Inductors [1]). Die Zahl der Windungen lässt sich allerdings auch dadurch steigern, ohne den innern Widerstand zu erhöhen, dass eine beliebige Zahl isolirter Drähte parallel gewickelt wird; denn wir wissen bereits, dass beispielsweise sechs parallel verbundene Drähte (Fig. 4) à 6 S . E Widerstand auch nur einen Gesammtwiderstand von 1 S . E haben. Durch solches Arrangement würde es, wie bei der Schaltung galvanischer Elemente (§. 3) möglich sein, den innern Widerstand der dynamoelektrischen Maschine verschiedenen äussern Kreisen für Maximalwirkung und Nutzeffect anzupassen. Es leuchtet aber aus der

---

[1]) Die Siemens'sche Einheit bezeichnet den Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt (S. 14).

Setzen wir hiernach den specifischen Widerstand des Quecksilbers = 1 (siehe Anmerkung 2 zu Seite 9), so sind die specifischen Widerstände

guten Kupfers . . . . . $= 0{,}020 = \left(\frac{1}{50}\right)$

des weichen Eisens . . . $= 0{,}105 = \left(\frac{5{,}25}{50}\right)$

„ Neusilbers . . . . . $= 0{,}231 = \left(\frac{11{,}54}{50}\right)$.

Für beliebige Längen und Stärken der Drähte berechnet sich der Widerstand in S . E nach der Formel

$$\frac{L\,S}{r^2\,.\,\pi} = \frac{\text{Länge } (L) \text{ des Drahts in Metern} \times \text{spec. Widerst. } (S) \text{ des Materials}}{\text{Querschnitt des Drahts in Quadratmillimetern}}$$

Es ergiebt sich also auch die Drahtlänge x pro S . E aus

$$\frac{x\,S}{r^2\,\pi} = 1 \text{ oder } x = \frac{r^2\,\pi}{S}.$$

Hiernach entfallen auf die S . E

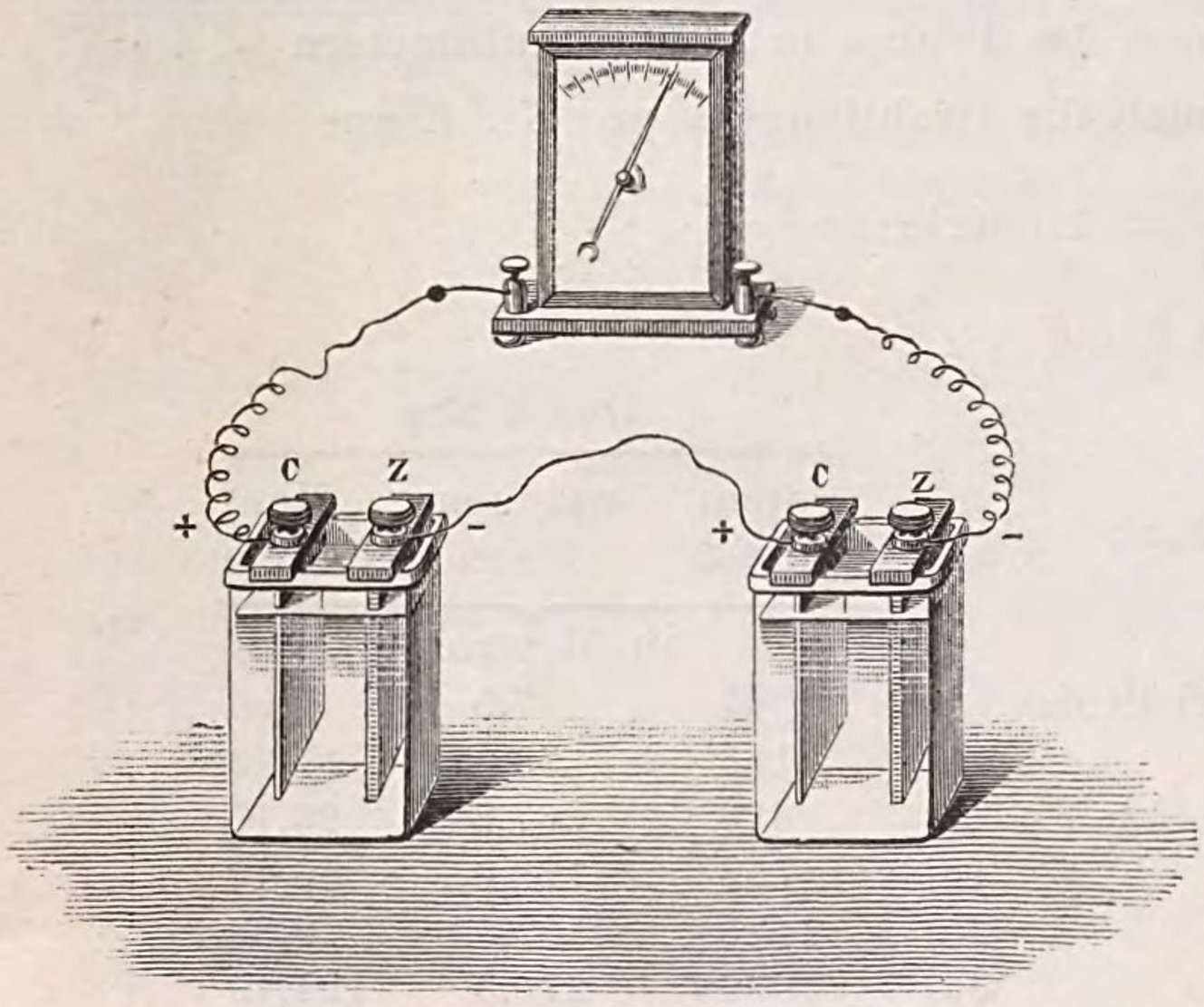
für die Stärken:		Draht aus gutem Kupfer	weichem Eisen	Neusilber
		in Metern (m)		
1 mm (Querschnittverhältniss	1)	47	7,5	2,90
2 „ („	4)	188	30,0	11,60
3 „ („	9)	423	67,5	26,10
4 „ („	16)	752	120,0	46,40
5 „ („	25)	1175	187,5	72,50
6 „ („	36)	1692	270,0	104,40

Construction dieser Maschine ohne Weiteres ein, dass es mit gewissen Schwierigkeiten verknüpft und praktisch nur in engen Grenzen ausführbar sein würde, diesen Vortheil der galvanischen Batterie hier zu übernehmen, wovon ausserdem der Umstand zurückhält, dass die in der Parallelschaltung getrennten Windungen zum Nachtheil des Betriebes stärker inducirend unter einander wirken. Diese Umstände nöthigen meist zu der Beschränkung, die dynamo-elektrische Maschine nur für ganz bestimmte Verbindungen zu construiren und zu benutzen, während die galvanische Batterie in dieser Richtung jede beliebige Bewegung gestattet.

Für die Wicklung des Inductors ist die Zahl der Windungen resp. die Drahtstärke auch von dem Raum zwischen seinem Eisencylinder und den umgebenden Kerntheilen der Elektromagnete abhängig, welcher zur Erhöhung der gesuchten inducirenden Wirkung möglichst eingeschränkt wird. Man wählt dazu einen dünneren Draht, dessen Widerstand in der Regel auf ein Drittel bis zur Hälfte des Gesammtwiderstandes der Maschine normirt ist.

Von der Grösse des Gesammtwiderstandes der Wicklung kann man sich durch einfache Messung [1]) unter Vergleichung

Fig. 21.



der Regel nur zur allgemeinen Beurtheilung; genauere Resultate giebt, wegen der Verschiedenheit des Materials und dessen Behandlung, die Messung. Man kennt mehrere Methoden zur Messung des Widerstandes. Wir wollen, behufs allgemeiner Orientirung, nur eine, für die Grösse unserer Widerstände geeignete, Methode betrachten.

In Fig. 21 sind zwei gleiche galvanische Elemente hinter einander geschaltet, und der Strom derselben führt durch die Drahtwindungen eines gewöhnlichen

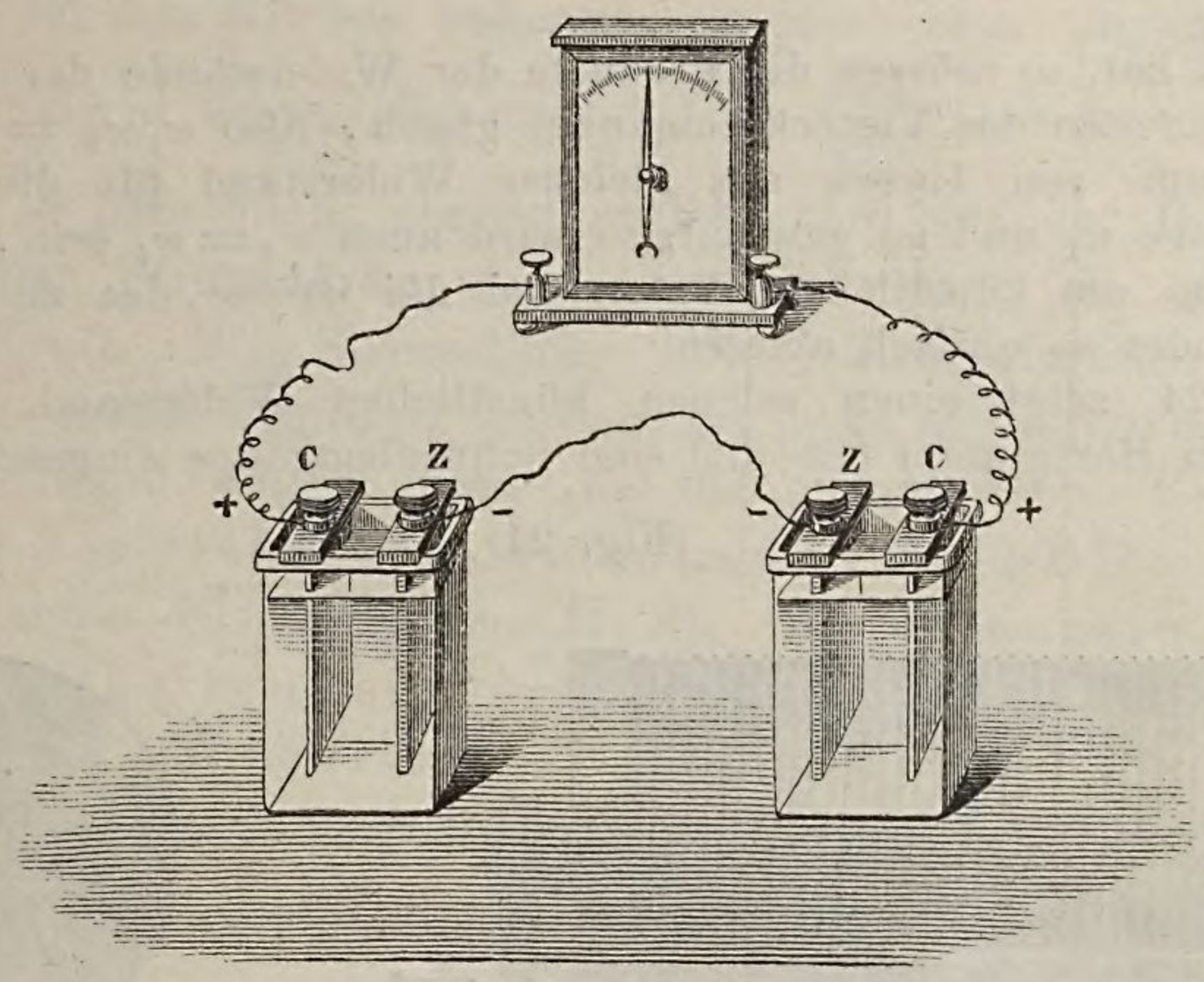
[1]) Die Berechnung des Widerstandes der Drähte auf Grund des specifischen Widerstandes der Metalle (siehe letzte Anmerkung) dient in

mit einem bekannten, regulirbaren Widerstande leicht überzeugen, wenn die Maschine ruht. Der so gefundene Werth ändert sich

---

Galvanoskops, dessen Nadel dadurch ausschlägt. Werden beide Elemente nach Fig. 22 geschaltet, also in der Weise, dass der positive Strom

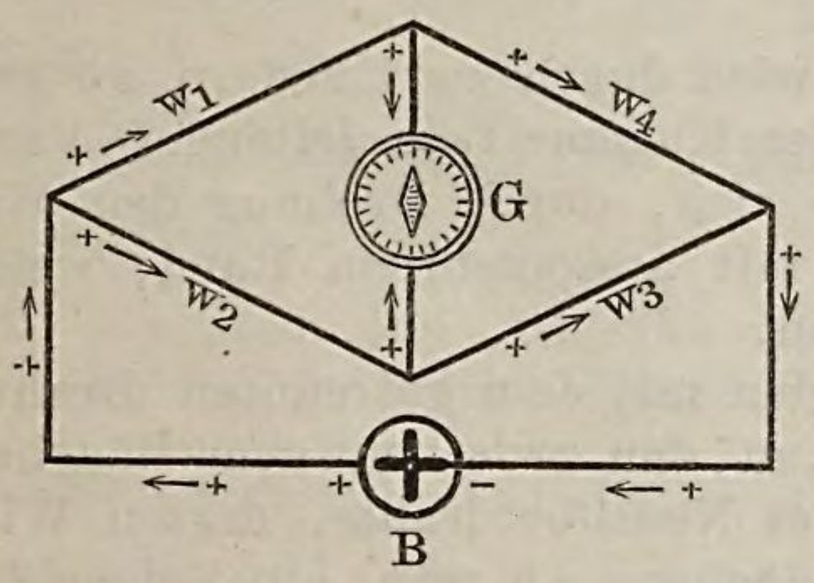
Fig. 22.



von beiden Seiten in das Galvanoskop eintritt, so bleibt die Nadel desselben auf dem Nullpunkt in Ruhe, die beiden gleich starken Ströme heben sich in ihrer Wirkung gegenseitig auf.

Wird ein galvanisches Element oder eine galvanische Batterie *B* in die Fig. 23 dargestellte einfache Drahtverbindung (Wheatston'sche Brücke) eingeschaltet, so verzweigt sich der Strom nach Maassgabe der Pfeile, wonach der positive Strom ebenfalls von beiden Seiten in das Galvanoskop *G* eintritt. Ist in solcher Verbindung das Product der Widerstände $w_1\ w_3 =$ dem Product der Widerstände $w_2\ w_4$, so haben die durch das Galvanoskop führenden Zweigströme gleiche Stärke und die Nadel desselben bleibt in Ruhe.

Fig. 23.



Schaltet man etwa in w_3 den Draht ein, dessen Widerstand bestimmt werden soll und in w_4 einen regulirbaren künstlichen, auf *S. E* graduirten Widerstand, und verändert denselben so lange bis sich die Nadel des Galvanoskops *G* auf Null

aber während der Bewegung des Inductors, theils aus der Erwärmung der Drähte, vorzugsweise aber unter dem Einfluss des schleifenden Contactes am Commutator.

Meist ist der in der Ruhelage gemessene Widerstand der Wicklungen, sowie deren Zahl, in Trennung für Elektromagnete

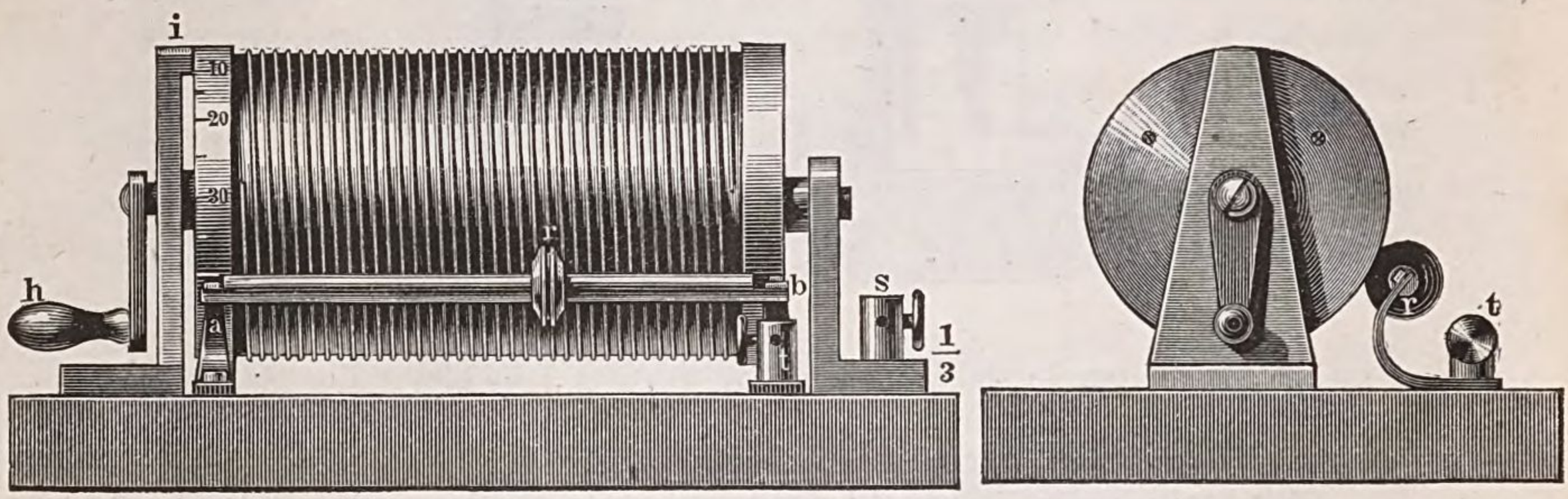
---

eingestellt hat, so müssen die Producte der Widerstände der gegenüberliegenden Seiten des Vierecks einander gleich, also $w_1 w_3 = w_2 w_4$ sein.

Ist nun von Hause aus gleicher Widerstand für die einfachen Drahtzweige w_1 und w_2 gewählt, so wird auch $w_3 = w_4$ sein, d. h. man kann dann am künstlichen Widerstand die Grösse des zu messenden Widerstandes w_3 einfach ablesen.

Fig. 24 zeigt einen solchen künstlichen Widerstand. Auf eine Walze von Hartgummi (Ebonit) sind Schraubengänge eingeschnitten, in

Fig. 24.



welche ein Neusilberdraht von 1, 2, 3 etc. S . E Widerstand eingewunden ist, dessen Enden einerseits in der Walze isolirt befestigt, andererseits in Verbindung mit der Metallachse derselben und durch deren Lager mit der Klemme s gebracht ist.

Ein horizontales Messingstäbchen wird durch zwei Federn $a\,b$ gegen die Walze gedrückt und steht mit der Klemme t in leitender Verbindung. Auf dem Stäbchen verschiebt sich, durch Drehung der Walze an der Kurbel h, ein Metallrädchen r mit ausgekehltem Rand, welches dabei gegen den Neusilberdraht schleift.

Die beiden Klemmen s und t werden mit dem getrennten Draht w_4 verbunden; der Strom durchfliesst dann den zwischen dem Rädchen r und der Klemme s liegenden Theil des Neusilberdrahts, dessen Widerstandswerth an einer Theilung des Stäbchens $a\,b$ resp. am Zeiger i der Theilung der Walzenfassung abgelesen werden kann.

Ist dieser künstliche von Jacobi construirte Widerstand sorgfältig hergestellt, so giebt derselbe für die Praxis meist ausreichende Resultate.

und Inductor, auf der Maschine verzeichnet. Es lässt sich annehmen, dass unter den dermaligen Verhältnissen vielleicht jede Maschine, selbst wenn dieselbe gleichen Zwecken und unter denselben Umständen dienen soll, mit Modificationen construirt wird.

Sind für eine bestimmte Verbindung und bestimmte Rotationsgeschwindigkeit die elektromotorische Kraft E und der Widerstand W des Kreises bekannt, so lässt sich daraus, auf Grund des Ohm'schen Gesetzes $\left(J = \frac{E}{W}\right)$, die herrschende Stromstärke J berechnen; ebenso ergiebt sich aus der Bekanntschaft mit der Stromstärke und dem Widerstand die elektromotorische Kraft. Wie Stromstärke und elektromotorische Kraft am zweckmässigsten ermittelt werden, ist in §. 16 angegeben.

In der Regel drückt man die elektromotorische Kraft in Einheiten der elektromotorischen Kraft des Daniell'schen constanten Elements aus (§. 3), den Widerstand in Siemens-Einheiten und bezeichnet die daraus berechnete Stromstärke als „Weber's". Hiernach ist der Strom, welcher durch die elektromotorische Kraft 1 Daniell[1]) im Kreise von 1 $S.E$ Widerstand entwickelt wird, also $\frac{1 \text{ Daniell}}{1\, S.E} = 1$ Weber, als Einheit der Stromstärke.

Die Stromstärke bildet den eigentlichen Widerstand für die mechanische Bewegung, sofern sich mit der Stärke des Stromes der Magnetismus, sowohl der Elektromagnetkerne, wie des Eisencylinders im Inductor steigert, dessen Rotation dauernd auf Anziehung und Trennung der entgegengesetzten magnetischen Kräfte wirkt und darin mechanische Arbeit absorbirt, ebenso wie bei Ueberwindung mechanischer Gegenkräfte, welche hier nur in der Reibung der dynamo-elektrischen Maschine und für den Luftwiderstand in Betracht

---

[1]) In England und Amerika heisst die Einheit der elektromotorischen Kraft „Volt", des Widerstandes „Ohm" und die Einheit der Stromstärke $\left(\frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ohm}}\right)$ ebenfalls „Weber". Diese Einheiten sind ganz nahe gleichwerthig mit unsern Einheiten resp. Daniell, Siemens und Weber und können dafür gesetzt werden.

Nach einem Beschlusse des Pariser Congresses steht die Bezeichnung „Ampère" für „Weber" in Aussicht.

kommen. Wird daher der Stromkreis an irgend einer Stelle und somit der Strom unterbrochen, so ist zur Bewegung der dynamo-elektrischen Maschine nur ein sehr geringer Kraftaufwand erforderlich, weil mit der Stromunterbrechung die Eisentheile ihren Magnetismus zum grössten Theile verlieren. Die Inductionswirkung wird damit indess nicht völlig aufgehoben; die freie Elektricität häuft sich dann unter Umständen bei fortgesetzter Drehung an den getrennten Enden der Leitung, es können Funken überspringen und Zerstörungen aus den gespannten Kräften eintreten, wenn der remanente Magnetismus in genügender Stärke vorhanden ist.

Bis in Folge der Rotation eine gewisse Verstärkung des Stromes resp. des Magnetismus eingetreten, muss der Arbeitsaufwand bei der dynamo-elektrischen Maschine selbstverständlich einen geringeren Werth haben, als bei der magnet-elektrischen Maschine, in welcher der Magnetismus schon beim Beginn der Drehung in vollem Maasse vorhanden ist. Für beide Maschinen sind die Beziehungen zwischen Arbeitsaufwand und Strom insoweit gleich, als sich der Strom mit dem Arbeitsaufwand verstärkt. Alle Umstände, welche auf Verstärkung oder auf Schwächung des Stromes wirken, beeinflussen in den dynamo-elektrischen Maschinen den Arbeitsaufwand gleichmässig.

Bei einer grossen Siemens'schen dynamo-elektrischen Maschine mit einem Widerstande von 0,44 $S \cdot E$ in der gesammten Drahtwicklung war erforderlich

im Gesammtwiderstande des Schliessungskreises von 0,92 $S \cdot E$

ein Arbeitsaufwand		zur Erzeugung einer Stromstärke von	
von 3,57	Pferdekraft	46,4 Weber's	(250 Touren pro Minute)
„ 4,74	„	53,7 „	(300 „ „ „)
„ 6,09	„	59,9 „	(350 „ „ „)
„ 7,65	„	66,8 „	(400 „ „ „)
„ 9,26	„	72,8 „	(450 „ „ „)

und im Gesammtwiderstande des Schliessungskreises von 1,38 *S . E*

ein Arbeitsaufwand		zur Erzeugung einer Stromstärke von		
von 1,89	Pferdekraft	27,8	Weber's	(250 Touren pro Minute)
„ 3,21	„	36,5	„	(300 „ „ „)
„ 4,37	„	42,8	„	(350 „ „ „)
„ 5,53	„	48,0	„	(400 „ „ „)
„ 6,82	„	52,2	„	(450 „ „ „).

Eine Regelmässigkeit in der Steigerung der Kräfte findet nicht statt und wird namentlich durch veränderte Verhältnisse zwischen äussern und innern Widerstand gestört. Die Vermehrung des äussern Widerstandes bedingt für gleiche Leistungen eine entsprechende Verstärkung des Arbeitsaufwandes. Derselbe war bei diesen Versuchen durch Messung ermittelt. Es ist aber bekannt, dass zur Erzeugung eines Stromes von 1 Weber im Widerstande von 1 *S . E*, welcher nach dem Joule'schen Gesetz (§. 2) eine Arbeit von $J^2 W = 1^2 . 1$ leistet, ein Arbeitsaufwand von 0,00181 Pferdekraft pro Secunde erforderlich ist, so dass in jedem Falle die von der Maschine verbrauchte Arbeit in Pferdekräften $= J^2 W$ 0,00181, also aus Stromstärke und Widerstand zu berechnen, wenn J und W in den von uns angenommenen Einheiten ausgedrückt sind.

Das Entstehen des Magnetismus in magnetisirungsfähigen Metallen führen neuere Annahmen auf die Drehung der Moleküle zurück, welche man sich von elektrischen Strömen (Molekularströme) stets umkreist denkt. Die Drehung der Moleküle erfolgt danach entweder unter dem Einfluss äusserer elektrischer Strömungen, wie in der Wirkung des die Drahtwindungen eines Elektromagneten durchfliessenden Stromes auf die Moleküle der Eisenkerne, oder unter dem Einfluss permanenter Magnete resp. magnetisirter Massen, wie in der Gegenüberstellung der Elektromagnetpole und des Eisencylinders im Inductor, oder in vereinter Wirkung des Stromes und des Magnetismus. Diese äusseren Kräfte haben das Bestreben, die beweglichen Molekularströme in eine bestimmte Richtung einzustellen, welcher Bewegung die Moleküle des Eisens folgen.

Da jede Bewegung von Wärmeerscheinung begleitet ist, so tritt auch in diesem Process, nach Maassgabe des der Bewegung

entgegentretenden Widerstandes, freie Wärme auf; und bei schnell hinter einander folgendem Polaritätswechsel im Eisen, kann dasselbe dadurch so stark erhitzt werden, dass der damit verknüpfte Verlust an aufgewendeter Arbeit nicht zu vernachlässigen ist. Die Drehung des Inductors der dynamo-elektrischen Maschine ist aber, wie wir gesehen haben, vom Polaritätswechsel begleitet, was eine höchst störende Erhitzung der Eisentheile desselben zur Folge hat. Dieselbe wird vermieden, wenn der Eisencylinder des Inductors eine feste Lage behält und nur die Drahtwindungen desselben gedreht werden. Die Siemens'sche dynamo-elektrische Maschine ist auch in solcher Anordnung construirt, aber wegen der schwierigen technischen Ausführung seltener im Gebrauch.

Wie innerhalb der Drahtwindungen, so treten aber auch bei der Bewegung zusammenhängender Metallmassen vor Magnetpolen, oder umgekehrt, Inductionsströme auf (Foucault'sche Ströme), welche innerhalb dieser Massen verlaufen, deshalb unbenutzbar sind und nur nachtheilig wirken, indem sie die Bewegung hemmen und Wärme erzeugen. Diesem Uebelstande ist dadurch entgegen zu treten, dass man zusammenhängende Metallmassen in der Maschine, namentlich im Inductor vermeidet, indem man den Eisencylinder aus einzelnen von einander isolirten Blechen oder mit isolirender Masse bekleideten Drähten (lackirte Drähte) bildet, wodurch das Zusammenfliessen der Massenströme vermindert, der störende Vorgang aber nicht völlig aufgehoben wird. Die innerhalb des Eisens resp. anderer Metallmassen erzeugte Wärme, ebenso wie die Wärme aus der mechanischen Bewegung der dynamo-elektrischen Maschine in Ueberwindung ihres Reibungswiderstandes, wird durch das Wärmeleitungsvermögen auf die Drahtwindungen übertragen und verstärkt die unvermeidliche Erwärmung derselben aus dem elektrischen Strom. Die Erwärmung des Schliessungskreises bedingt aber einen Verlust an Arbeitskraft auch insofern, als sich bekanntlich der Widerstand der Drähte mit dem Grad der Erwärmung erhöht (S. 10), was einer Verminderung der Stromstärke gleichkommt. Die Wirkung ist dieselbe, als ob dem Leitungskreise ein neuer Widerstand zugefügt würde, sei es durch Verlängerung der Leitung oder durch Lösung eines beweglichen Contacts oder durch Vergrösserung des Lichtbogens, was stets eine Stromschwächung zur Folge hat. Kühlung des Kreise

durch Eis oder Wasser oder gute Ventilation können die Erwärmung abwenden. Wird davon aber nur ein Theil des Kreises getroffen, so muss selbstverständlich das Verhältniss der Widerstände in demselben gestört werden, was, wie aus §. 3 bekannt, den Betrieb in mehrfacher Weise beeinflusst und namentlich auch die nutzbar zu machende Wärmemenge verändert. Die Anwendung von Eis oder Wasser stösst häufig auf Schwierigkeiten; für eine gute Ventilation muss aber nothwendig gesorgt sein, weil die Wärmeentwickelung die eigentliche Grenze für die Leistung der dynamo-elektrischen Maschine bildet, sofern darüber hinaus sogar die isolirende Umhüllung der Drähte in Gefahr kommt, die Maschine also unbrauchbar werden kann. Wie der elektrische Strom aber Wärme erzeugt, so setzt sich unter gewissen Umständen auch Wärme in Elektricität um, wodurch der elektrische Strom der dynamo-elektrischen Maschine verstärkt oder geschwächt werden kann. Die im ganzen Kreise nach Maassgabe der Widerstände der einzelnen Theile desselben vertheilte Wärme kann überall elektrische Erregungen hervorrufen und nicht nur innerhalb der festen Leiter, sondern hauptsächlich auch innerhalb des Lichtbogens. Ueber die Stärke solcher Erregungen und die Richtung der dadurch veranlassten Strömungen lassen sich bestimmte Angaben nicht machen [1]).

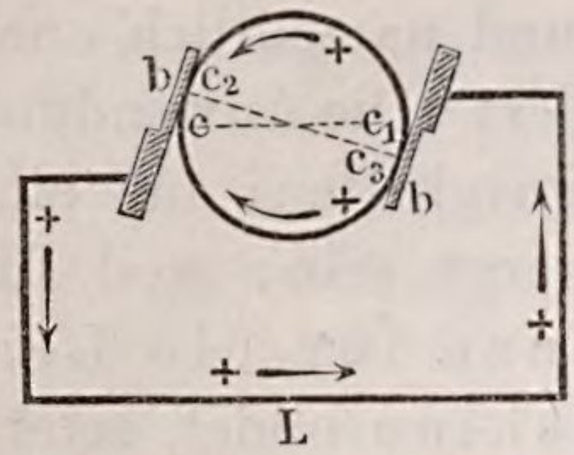
Als grosser Mangel aller dynamo-elektrischer Maschinen sind die auf dem Commutator schleifenden Bürsten zu betrachten. Solche Contacte sind niemals sicher. Der Widerstand darin ist nicht constant zu erhalten; er vergrössert sich durch unvermeidliche Unebenheiten und Verunreinigung der schleifenden Flächen, durch schnellen Verbrauch derselben und durch unvermeidliche Veränderung der Berührungspunkte während der Drehung. Erfahrungsgemäss erhöht sich der Widerstand des Schliessungskreises an diesen Stellen mit zunehmender Drehungsgeschwindigkeit. Solche Widerstandsveränderungen entziehen sich der Berechnung. Die nothwendige Folge sind Stromschwankungen, wechselnde Veränderungen in der Wärmeausgabe und in der Lichtbildung. Die Nachtheile dieser Contacte werden aber verstärkt durch die Stel-

---

[1]) Innerhalb des Lichtbogens soll eine elektromotorische Kraft von einigen Daniell-Elementen erzeugt werden, welche stets der Kraft der Maschine entgegenwirkt und von der im Kreise herrschenden elektromotorischen Kraft abhängig ist.

lung der schleifenden Bürsten. Es ist klar, dass in einem Kreise, in welchem entgegengesetzt gerichtete Ströme in regelmässiger Folge auftreten, in zwei genau gegenüberliegenden Punkten, etwa $c\,c_1$ Figur 25, die Stromstärke gleich Null sein muss. An diesen Punkten haben die schleifenden Bürsten b anzusetzen, wenn aus der Ueberleitung in den eigentlichen Leitungskreis L Stromverluste vermieden werden sollen, sei es in äusserlich nicht erkennbaren Erscheinungen, sei es durch Funkenbildung. Tritt diese ein, so werden die Contacte auch durch Verbrennung leicht zerstört. Die Punkte aber, an denen die schleifenden Bürsten anschliessen sollen, haben keine bestimmte Lage; sie verschieben sich mit zunehmender Drehungsgeschwindigkeit etwas in der Richtung der Drehung, theils unter dem Einflusse secundärer Vorgänge, theils wegen der Trägheit des Eisens, dessen Moleküle sich bei schneller Rotation nicht gleichmässig schnell polar umlagern können. Angenommen, die Verschiebung erfolge in maximo nach $c_2\,c_3$, so können die correcten Anschlusspunkte, nach Maassgabe der Rotation, jede beliebige Lage zwischen c/c_2 resp. c_1/c_3 annehmen, während die Einstellung der Bürsten mit Eröffnung des Betriebes zu erfolgen hat. Aber auch die Correctur im Verlauf des Betriebes stösst auf Schwierigkeiten, weil die Drehung des Inductors nicht gleichmässig zu erhalten ist.

Fig. 25.



Da die Stromstärke den eigentlichen Widerstand für die mechanische Bewegung bildet, so müssen nothwendig die unvermeidlich eintretenden Stromschwankungen auf die Drehungsgeschwindigkeit Einfluss ausüben; der verstärkte Strom wirkt hemmend, der geschwächte beschleunigend auf den Gang des Inductors.

Alle diese störenden Erscheinungen, wozu auch noch den wirksamen Magnetismus schwächende secundäre Inductionswirkungen treten, sind nothwendig mit Kraftverlust verknüpft.

Es ist begreiflich, dass unter solchen Umständen genauere Berechnungen über den Arbeitsaufwand, lediglich auf Grund der Construction dynamo-elektrischer Maschinen, nicht ausführbar sind, es kommen zu viele Erscheinungen in Betracht, welche sich der Rechnung entziehen und zum Theil sogar noch nicht einmal

vollständig erkannt sind. Die Verhältnisse sind ausserordentlich empfindlich und die Interessen collidiren. Dass bei der bekannten Abhängigkeit der elektromotorischen Kraft von der Drehungsgeschwindigkeit auch stossende Wirkungen, selbst aus geringen Unregelmässigkeiten der Achslage, Vibrationen aus ungenügender Fundirung der Maschine, Lage und Einrichtung der Schmiervorrichtung, sowie das Gleiten der Treibriemen wesentlichen Einfluss äussern können, leuchtet ein. Letzteres kann sogar sehr leicht das Verlöschen des im Kreise brennenden Lichtes zur Folge haben, weshalb man sich häufig einer „Adhäsionsschmiere“ zum Bestreichen der Treibriemen bedient, welche besondern Schutz gegen das Gleiten bietet.

Bei dieser Lage der Verhältnisse dürfen wir uns nicht wundern, wenn selbst gleich construirte Maschinen verschiedene Wirkungen äussern und verschiedenen Arbeitsaufwand fordern. Deshalb ist es aber auch nicht gerathen, denjenigen Constructionen ohne Weiteres weniger Beachtung zu schenken, welche sich als Nachbildungen aus den sogenannten Grundtypen entwickelt haben, zu denen die Siemens'sche dynamo-elektrische Maschine zählt. Es ist eben ausserordentlich schwierig, aus der Theorie überall mit Sicherheit zu schöpfen, namentlich wenn dieselbe, wie in unserm Falle, noch lückenhaft ist.

§. 7.

Leistung der dynamo-elektrischen Maschine.

Wie in der magnet-elektrischen, so wird auch in der dynamo-elektrischen Maschine mechanische Arbeit in Elektricität umgesetzt. Die zur Erzeugung derselben aufzuwendenden Kosten bestimmen sich daher zunächst durch die Ausgaben zur Bildung der erforderlichen mechanischen Kraft; bei Anwendung von Dampfmotoren also durch den Kohlenverbrauch, bei Benutzung von Gasmotoren durch den Gasconsum etc.

Ein Kilogramm zur Maschinenheizung geeigneter Kohle kostet bei uns an der Verwendungsstelle ppr. 2,8 Pfennige und liefert theoretisch eine Verbrennungswärme von 7200 Wärmeeinheiten. Erfahrungsmässig wird damit, bei Anwendung grosser,

mit vollkommenen Einrichtungen versehener Dampfmaschinen, eine mechanische Arbeit von 1 Pferdekraft (75 kgm) pro Stunde geleistet, was die Gesammtleistung von $75 . 60 . 60 = 270{,}000$ kgm in der Stunde ergiebt. Da der Wärmewerth des Kilogrammmeter $= \frac{1}{430}$ (430 kgm als mechanisches Wärmeäquivalent), so entspricht die Gesammtarbeit des Kilogramms Kohle einer Wärmeentwicklung von $\frac{270\,000}{430} = 630$ Calorien, wovon etwa 80 Proc. $= 500$ C. in Elektricität umgesetzt werden, so dass also $1000\,\text{C} . 2 . 2{,}8 = 5{,}6$ Pfennige kosten, gegenüber 150 Pfennigen bei Benutzung galvanischer Batterien (S. 2). Bei Dampfmaschinen mittlerer Grösse, welche 3 kg Kohle pro Stunde und Pferdekraft fordern, erhöht sich der erstere Betrag selbstverständlich um das Dreifache, also auf 16,8 Pfennige pro 1000 C. geleisteter Arbeit.

Der Otto'sche Gasmotor verbraucht 0,6 kg [1]) Gas zum Preise von 12,6 Pfennige (6120 C. Verbrennungswärme) pro Stunde und Pferdekraft, woraus sich in ähnlicher Betrachtung $2 . 12{,}6 = 25{,}2$ Pfennige pro 1000 C. ergeben.

Wir haben in dem einleitenden §. 1 bereits darauf aufmerksam gemacht, dass die Ströme zur Erzeugung eines intensiven mittlern elektrischen Lichts etwa 3000 mal stärker sind, als gewöhnliche Telegraphirströme. Letztere haben in der Regel eine Stärke von 0,014 Weber's [2]), woraus sich für erstere $0{,}014 \times 3000 = 42$ Weber's berechnen. Das schwächere Licht erfordert selbstverständlich geringere Stromstärken.

Bei Anwendung einer Stromstärke von 12 Weber's berechnet sich für den Gesammtwiderstand des Lichtkreises von $6\,S . E$ die elektromotorische Kraft der Maschine aus dem Ohm'schen Gesetz $\left(J = \frac{E}{W};\ E = J\,W\right)$ zu $12 . 6 = 72$ Daniell-Elementen. Batterien aus einer solchen Elementenzahl stehen in der Telegraphie ebenfalls häufig im Gebrauch, aber stets mit einem viel grösseren Gesammtwiderstande. Derselbe beträgt für 72 Ele-

---

[1]) 1 kg Gas = 1,61 cbm = 10 200 C. = 21 Pfennige.

[2]) Bei schwachen Strömen hat man die Bezeichnung „Milliweber" eingeführt als den tausendsten Theil des Weber, wonach 0,014 Weber = 14 Milliweber.

mente etwa 5000 $S.E$, was eine Stromstärke von $\frac{72}{5000} = 0{,}014$ Weber's giebt. Diesen Unterschied im Widerstande hat man zur Abwendung von Irrthümern wohl zu beachten, wo es sich um die Bezeichnung der elektromotorischen Kraft der dynamo-elektrischen Maschinen handelt. Durch Angabe der Stromstärken, welche stets den Widerstand des Kreises mit berücksichtigen, tritt die Leistung klarer hervor.

Bei einer kleinen kurz geschlossenen dynamo-elektrischen Maschine mit 1,80 $S.E$ innern Widerstand steigerte sich die elektromotorische Kraft, ausgedrückt in Bunsen-Elementen (Fig. 7), bei 280 bis 1080 Umdrehungen des Inductors pro Minute, der Rotationsgeschwindigkeit ziemlich gleichmässig von 5 bis 20.

Aus der elektromotorischen Kraft E und dem Widerstand W des Leitungskreises berechnen sich nach dem Ohm'schen Gesetz $\left(J = \frac{E}{W}\right)$ die Stromstärken J. Wir erhalten in diesem Falle als Grenzwerthe: $J = \frac{5}{1{,}80} = 2{,}8$ [1]) und $J = \frac{20}{1{,}80} =$ ppr. 11 [1]), also eine Steigerung der Stromstärke von 2,8 bis 11. Diesen Effect mit der Bunsen'schen Batterie zu erreichen, müssten für den niedrigsten Grenzwerth 55 Bunsen'scher Elemente à 4 $S.E$ innern Widerstand zu 5 Elementen in 11 Reihen und für den höchsten Grenzwerth 880 zu 20 Elementen in 44 Reihen parallel (S. 13) combinirt werden. In solcher Verbindung würde der Widerstand eines aus 11 und 44 Elementen gebildeten grössern Elements resp. 0,364 und 0,09 $S.E$ betragen, was einen Gesammtwiderstand ergiebt, für 5 grosse Elemente $0{,}364 \cdot 5 = 1{,}82$ und für 20 grosse Elemente $0{,}09 \cdot 20 = 1{,}80$, entsprechend dem innern Widerstand (1,80) der zur Anwendung gekommenen dynamo-elektrischen Maschine.

Hieraus tritt uns die hohe Leistung der dynamo-elektrischen Maschine recht fasslich entgegen. Wir sehen, aus wie vielen Bunsen'schen Elementen die galvanische Batterie zu bilden wäre, für gleiche Leistung mit der dynamo-elektrischen Maschine, wobei aber zu berücksichtigen ist, dass die

---

[1]) 4,6 und 18,3 Weber.

Stromstärke der galvanischen Batterie in solcher Leistung nicht constant zu erhalten sein würde. Die kurz geschlossene dynamo-elektrische Maschine kommt nun allerdings ebensowenig in der Praxis zur Verwendung, wie die kurz geschlossene galvanische Batterie. Wir wissen aber bereits, dass zur Erzielung grösserer Effecte bei der elektrischen Beleuchtung der äussere Widerstand des Leitungskreises nicht viel höher liegen darf, als der innere Widerstand der Maschine. Bei 2 S . E äussern Widerstand, also im Gesammtwiderstande von 3,80 S . E und Steigerung der Drehungsgeschwindigkeit von 540 bis 1080 Touren pro Minute stieg die elektromotorische Kraft von 8 bis 23 Bunsen-Elementen; die Stromstärke also von nahe 2 bis nahe 6, was der Leistung einer Bunsen'schen Batterie von resp. 8 Elementen in 8 Reihen (64 Elementen) und von 23 Elementen in 23 Reihen (529 Elementen) entspricht, womit wir den wirklichen Widerstandsverhältnissen in der elektrischen Beleuchtung näher kommen.

Um die Stromstärken in den üblichen Weber'schen Einheiten [1]) auszudrücken, würde die elektromotorische Kraft auf Daniell-Elemente zu reduciren sein. Die elektromotorische Kraft beider Elementformen verhält sich etwa wie 1 : 1,65, wonach 8 Bunsen = 8 . 1,65 = 13,20 und 23 Bunsen gleich der elektromotorischen Kraft von 23 . 1,65 = 37,95 Daniell-Elementen. Daraus ergeben sich nach dem Ohm'schen Gesetz

$$J = \frac{13{,}20}{3{,}80} = 3{,}47 \text{ und } \frac{37{,}95}{3{,}80} = 10 \text{ Weber's.}$$

Die höchste Leistung der zu diesen Versuchen benutzten Maschine, im Gesammtwiderstande von 3,80 S . E war etwa 12 Weber's.

Bei einem andern Versuche mit kleiner Siemens'scher dynamo-elektrischen Maschine von 0,75 S . E innern Widerstand, wovon etwa die Hälfte auf die Inductorwindungen entfiel, wurden im Kreise vom Gesammtwiderstande 1,6 S . E, unter Aufwand von einer Pferdekraft mechanischer Arbeit, die elektro-

---

[1]) Wenn wir die Leistungen der dynamo-elektrischen Maschine mit der Bunsen'schen Batterie verglichen haben, so geschah dies deshalb, weil man sich dieser Batterie zur elektrischen Beleuchtung ebenfalls bedient; während die Stromstärke zweckmässiger in praktischen Weber'schen Einheiten ausgedrückt wird.

motorische Kraft zu 37 Daniell Elementen und die Stromstärke von 20 Weber's gemessen.

Je grösser die Maschine, desto mehr steigern sich die Leistungen; und wenn während des Betriebes der äussere Widerstand vermehrt wird, so muss zur Erhaltung gleicher Leistung auch die Drehung des Inductors verstärkt werden. Die aufzuwendende Arbeit ist bei gleichbleibender Stromstärke, wenigstens theoretisch, dem Widerstande der Leitung proportional. Der Unterschied des Verhältnisses der elektromotorischen Kraft zur Rotationsgeschwindigkeit tritt mit Erhöhung des äussern Widerstandes immer schärfer hervor. Bei Einschaltung grosser äusserer Widerstände wird der Betrieb gegen innere und äussere Einflüsse ausserordentlich empfindlich. Die geringste Störung äussert sich dann in sehr unruhigem Verhalten des Lichts und kann leicht das Verlöschen desselben zur Folge haben.

Die in Vorstehendem mitgetheilten Versuchsresultate waren aus solchen Kreisen gewonnen, in denen das Licht nicht brannte, so dass der Einfluss des Lichtbogens ausgeschlossen ist.

Sehr sorgfältigen Versuchen [1]) aus dem praktischen Lichtkreise mit vier Siemens'schen dynamo-elektrischen Maschinen mittlerer Grösse entnehmen wir folgende Angaben:

Bei 680 Touren pro Minute ergaben sich als Mittelwerthe aus mehreren Versuchen

	Weber's Stromstärke	Daniell elektromotorische Kraft	$S.E$ Widerstand im Lichtbogen
Maschine I	50,36	79,98	0,75
„ II	57,30	86,50	0,66
„ III	43,29	75,26	0,91
„ IV	50,85	75,74	0,66

Es betrugen

	der Widerstand der Elektromagnete	der Widerstand des Inductors	der Gesammtwiderstand
für Maschine I	0,295	0,305	0,600
„ „ II	0,300	0,280	0,580
„ „ III	0,290	0,290	0,580
„ „ IV	0,290	0,305	0,595

[1]) Elektrotechnische Zeitschrift pro 1881, Heft III, S. 108 ff.

Die Maschinen waren hiernach wenig von einander verschieden; dennoch tritt uns ein merklicher Unterschied in den Leistungen entgegen, selbst in dem Falle, wo, wie bei den Maschinen II und IV, der Widerstand im Lichtbogen gleich war. Und wenn derartige Differenzen schon bei Maschinen gleicher Construction unter gleichen Verhältnissen zu beobachten, so muss angenommen werden, dass es überhaupt nicht möglich ist, Maschinen gleicher Leistung zu construiren.

Wir wollen bei dieser Gelegenheit darauf aufmerksam machen, dass die Leistung auch wesentlich abhängig ist von der Dauer des Betriebes. Je länger der Betrieb unterhalten wird, desto mehr erhitzt sich die Maschine, womit eine Grenze für die praktisch verwendbare Stromstärke gegeben ist. Die in Versuchen von kurzer Dauer erzielten Stromstärken drücken somit die praktischen Leistungen nicht aus. So betrug bei diesen Maschinen das zulässige Maximum für den continuirlichen Betrieb nur ppr. 36 Weber's, während bei einem sechsstündigen ununterbrochenen Betrieb mit einer Stromstärke von 55 Weber's die Temperatur des Inductors um 52^0, der Elektromagnete um 40^0 C. stieg, für das Innere der Windungen also ein noch grösserer Wärmegrad zu unterstellen war. Und eine grosse Siemens'sche Maschine wurde bei 450 Touren, nach etwa zweistündigem Betrieb so warm, dass die Elektromagnete zu rauchen anfingen. Dabei betrug die Stromstärke 63,48 Weber's, die elektromotorische Kraft 76,2 Daniell, der Widerstand im Lichtbogen 0,64 $S.E$ und die Temperaturzunahme der Elektromagnete etwa 72^0 C.

Wir überzeugen uns hieraus, dass die Leistung der Maschinen unter sonst gleichen Verhältnissen um so höher liegt, je besser dieselben ventilirt, je freier Windungen und Eisentheile gelagert sind, je kräftiger die während der Rotation stark bewegte Luft dieselben umspielen kann, somit die Ventilation bei der Construction wesentlich mit in Betracht zu ziehen ist.

In neuester Zeit stattgehabte umfangreiche Versuche mit der Siemens'schen dynamo-elektrischen Maschine der grössten Sorte, welche im Inductor 288 Windungen führte und einen innern Widerstand von 0,435 $S.E$ hatte [1]), liefern eine willkommene

---

[1]) Von diesem Widerstand entfielen 0,145 $S.E$ auf die Inductorwindungen und 0,290 $S.E$ auf 456 Drahtwindungen der Elektromagnete, deren mittlerer Abstand von den Eisenkernen 10,5 mm betrug.

Uebersicht über die Veränderung der Stromstärken (J)[1]) und der elektromotorischen Kraft (E) unter dem Einfluss verschiedener äusserer Widerstände und verschiedener Rotationsgeschwindigkeit[2]).

Bei	I im Gesammtwiderstande 2,77 S . E war J	und E	II im Gesammtwiderstande 1,51 S . E war J	und E
100 Touren pro Minute	0,30	0,83	0,88	1,29
200 „ „ „	0,58	1,61	14,70	23,08
300 „ „ „	7,18	20,03	33,60	52,08
400 „ „ „	19,90	55,92	45,90	72,06
500 „ „ „	30,10	84,89	58,50	85,40
600 „ „ „	40,20	108,14	65,60	103,80
700 „ „ „	44,70	122,48		
800 „ „ „	50,40	142,12		
900 „ „ „	55,70	150,95		

	III im Gesammtwiderstande 0,97 S . E war J	und E	IV im Gesammtwiderstande 0,53 S . E war J	und E
100 „ „ „	6,90	6,35	38,80	18,62
200 „ „ „	39,50	37,13	63,00	35,28
300 „ „ „	58,40	56,65	88,20	49,40
400 „ „ „	71,10	71,81		
500 „ „ „	79,80	81,40		

Nach Reihe I steigert sich die Stromstärke J von 0,30 auf 55,7 Weber's, die elektromotorische Kraft E von 0,83 auf 150,95 Daniell'sche Elemente; für Reihe II, bei wenig geringerem Widerstande, trat in dem Uebergange von 100 auf 200 Touren bereits eine erhebliche Verstärkung der elektromotorischen Kraft ein; ähnlich in Reihe III; während Reihe IV, in nahe kurzem Schluss der Maschine, die elektromotorische Kraft proportional der Drehungsgeschwindigkeit wächst. In Reihe I tritt diese Proportionalität erst bei 500, in Reihe II schon bei 300 und in Reihe III bereits bei 200 Touren ein. Die Unregelmässigkeiten im Gange

---

[1]) Die Angabe der Stromstärke beruht auf Messungen und ist den Versuchsresultaten direct entnommen.

[2]) Die Tourenzahl bewegt sich mit geringen Aenderungen in den hier angenommenen Abrundungen.

der elektromotorischen Kraft vergrössern sich mit der Zunahme des äussern Widerstandes.

Unter möglichst gleichmässiger Erhaltung der Rotationsgeschwindigkeit, und zwar

bei 100 Touren pro Minute, im Gesammtwiderstande von

0,48	S . E	war	J	38,80	und	E 18,62
0,65	„	„	„	27,50	„	„ 17,88
0,92	„	„	„	6,90	„	„ 6,35
1,25	„	„	„	1,06	„	„ 1,33
1,47	„	„	„	0,88	„	„ 1,29
1,95	„	„	„	0,38	„	„ 0,74
2,47	„	„	„	0,29	„	„ 0,72
2,77	„	„	„	0,30	„	„ 0,83

bei 200 Touren pro Minute, im Gesammtwiderstande von

0,56	S . E	war	J	63,00	und	E 35,28
0,72	„	„	„	50,90	„	„ 36,65
0,94	„	„	„	39,50	„	„ 37,13
1,31	„	„	„	27,50	„	„ 36,03
1,57	„	„	„	14,70	„	„ 23,08
2,01	„	„	„	1,88	„	„ 3,78
2,51	„	„	„	1,20	„	„ 3,01
2,78	„	„	„	0,58	„	„ 1,61

bei 300 Touren pro Minute, im Gesammtwiderstande von

0,56	S . E	war	J	88,20	und	E 49,39
0,73	„	„	„	71,30	„	„ 52,05
0,97	„	„	„	58,40	„	„ 56,65
1,33	„	„	„	41,50	„	„ 55,20
1,55	„	„	„	33,60	„	„ 52,08
2,02	„	„	„	23,70	„	„ 47,87
2,52	„	„	„	15,50	„	„ 39,06
2,79	„	„	„	7,18	„	„ 20,03

bei 400 Touren pro Minute, im Gesammtwiderstande von

0,73	S . E	war	J	95,20	und	E 69,50
1,01	„	„	„	71,10	„	„ 71,81
1,37	„	„	„	53,40	„	„ 73,16
1,57	„	„	„	45,90	„	„ 72,06
2,04	„	„	„	33,90	„	„ 69,16
2,54	„	„	„	25,90	„	„ 65,79
2,83	„	„	„	19,90	„	„ 56,32

Bei Touren	im Gesammtwiderstande von	veränderte sich J von	und E von
500	1,02 bis 2,82 $S.E$	79,8 bis 30,1	81,4 bis 84,9
600	1,43 „ 2,91 „	65,6 „ 35,3	103,8 „ 102,7
700	1,74 „ 2,98 „	67,7 „ 41,5	117,6 „ 123,7
800	2,22 „ 3,03 „	59,9 „ 45,6	133 „ 138,2
900	2,71 „ 3,11 „	55,7 „ 49,2	151 „ 153

Für die Praxis liegt der Gang der Versuchsmaschine zwischen 400 und 500 Touren, mit Stromstärken von etwa 20 bis 50 Weber's, über welche hinaus bei continuirlichem Betriebe die Erhitzung der Maschine zu gross werden würde. Diesen Stromstärken entsprechen bei 400 Touren die Gesammtwiderstände von 2,83 bis 1,57 $S.E$ und bei 500 Touren von 2,82 bis etwa 1,75 $S.E$, also Widerstände ausserhalb der Maschine von resp. 2,395 bis 1,135 bei 400 und 2,385 bis 1,315 bei 500 Touren pro Minute.

Je kleiner die Maschine, desto grösser ist die Tourenzahl für die praktisch verwerthbaren Leistungen; so werden die mittlern und kleinern Modelle der dynamo-elektrischen Maschine von Siemens (S. 28) mit 700, 900 und 1200 Touren betrieben, was selbstverständlich eine grössere Abnutzung, namentlich in den Lagern zur Folge hat.

Die Praxis schliesst somit den weniger regelmässigen Verlauf der Stromstärken resp. elektromotorischen Kräfte aus. Ueberall wo dieselben in den Versuchsreihen auffallend gering erscheinen, haben wir es meist lediglich mit der Wirkung des remanenten Magnetismus der Eisenkerne, der eigentlichen Grundkraft dynamo-elektrischer Maschinen zu thun, wobei also eine Steigerung des Magnetismus aus der Stromeswirkung noch nicht eingetreten war. Dass der Magnetismus nicht nur durch den Strom, sondern auch durch die Zahl der Windungen der Elektromagneten entsprechend verstärkt wird, ist uns bekannt (S. 31, Anmerk. 1).

Den Einfluss der Windungszahl nachzuweisen, wurde dieselbe Maschine mit 856 Windungen im Elektromagneten geprüft, deren Widerstand 0,580 $S.E$ betrug und deren Eisenkerne einen mittlern Abstand von 21 mm von den Windungen hatten. (Gesammtwiderstand der Maschine $0{,}580 + 0{,}145 = 0{,}725$ $S.E$.)

Es betrugen im Gesammtwiderstande von nahe **2,09** $S \cdot E$

bei 200 Touren J 18,4 und E 39,01
„ 400 „ „ 40,9 „ „ 86,70
„ 600 „ „ 62,9 „ „ 130,83

und im Gesammtwiderstande von nahe **1,31** $S \cdot E$

bei 200 Touren J 32,1 und E 40,77
„ 400 „ „ 67,7 „ „ 87,33

wogegen sich für die frühere Wicklung der Elektromagnete (Anmerkung S. 52) in gleichem Gesammtwiderstande ergaben, resp.

bei 200 Touren J 1,88 und E 3,78
„ 400 „ „ 33,90 „ „ 69,16
„ 600 „ „ 48,60 „ „ 106,00

und

„ 200 „ „ 27,5 „ „ 36,53
„ 400 „ „ 53,4 „ „ 73,16

Bei einer dritten Wicklung derselben Maschine, und zwar

1960 Windungen in den Elektromagneten von 4,14 $S \cdot E$ Widerstand, bei 14 mm mittlern Abstand von den Eisenkernen, und

1296 Windungen im Inductor von 3 $S \cdot E$ Widerstand,

also beim Maschinenwiderstande von 7,14 $S \cdot E$ wurden erzielt im Gesammtwiderstande von **19,1** $S \cdot E$

bei 200 Touren J zu 7,95 und E zu 151,05
„ 300 „ „ „ 12,60 „ „ „ 241,92

im Gesammtwiderstande von nahe **23** $S \cdot E$

bei 200 Touren J zu 5,95 und E zu 135,07
„ 300 „ „ „ 10,20 „ „ „ 234,60
„ 400 „ „ „ 13,60 „ „ „ 316,88.

Zur Bezeichnung der Leistungen der Maschinen in den wirklich praktischen Lichtkreisen bedient man sich allgemeiner der damit erreichbaren Lichtstärken, in Stelle der elektromotorischen Kraft oder der Stromstärken. So kennt man Siemens'sche dynamo-elektrische Maschinen von 700, 1200, 3000 und 12 000 Kerzen Leuchtkraft, unter den Tourenzahlen von resp. 1200, 900, 700 und 450 pro Minute. Im Uebrigen lassen sich dieselben in beliebigen Grössen bilden mit der dem Bedürfniss entsprechenden

Leuchtkraft, welche bis zu 40,000 Normalkerzen bereits praktische Verwendung gefunden hat.

In solcher Bezeichnung ist aber nicht ausgesprochen, dass mit den Maschinen nicht auch Lichter anderer Stärken zu bilden wären. Eine bestimmte Lichtstärke setzt bestimmte Verhältnisse voraus, die aber nicht nur durch die Maschine, sondern auch durch die Leitung und durch die lichtgebende Anordnung wesentlich bedingt sind; denn wir haben uns bereits durch die Ausführungen im §. 3 überzeugt, dass mittelst derselben Elektricitätsquelle verschiedene Lichtstärken zu erzeugen sind.

Diese einfache Thatsache liefert schon den Beweis, dass die Bezeichnung der Leistungen nach Lichtstärken mangelhaft ist, und wir werden uns weiter überzeugen, welcher Grad von Unsicherheit sich an derartige Angaben knüpft. Deshalb sind aber auch die in solchem Maasse ausgedrückten Leistungen verschiedener Constructionen sehr vorsichtig zu beurtheilen. Die Verhältnisse schliessen sich den Betrachtungen der §§. 3, 5 und 6 eng an, werden aber durch das Licht selbst noch verwickelter, so dass es ausserordentlich schwierig ist, zu Vergleichen geeignete Angaben zu gewinnen.

Unter solchen Umständen würde es wenig nützen, die mit der dynamo-elektrischen Maschine in verschiedenen Lichtkreisen weiter erzielten Erfolge an dieser Stelle zu behandeln. Wir wollen uns vorläufig auf die Bemerkung beschränken, dass mit den in der Praxis am meisten zur Verwendung kommenden dynamo-elektrischen Maschinen mittlerer Grösse, bei gleichmässiger Drehung des Inductors mit 750 Touren pro Minute, in sonst zweckmässiger Anordnung, ein stabiles Licht von ppr. 1700 Normalkerzen Stärke pro Pferdekraft aufgewendeter mechanischer Arbeit im dauernden Betriebe zu erzielen ist, allgemein aber nur auf 1000 Normalkerzen als Durchschnittslichtstärke gerechnet wird, sowie dass bei anderweiten Versuchen mit verschiedenen mittlern und grossen dynamo-elektrischen Maschinen Siemens'scher Construction wechselten:

die Stromstärken zwischen	36	und	97	Weber's
„ elektromotorische Kraft zwischen	66	„	86	Daniell
die Arbeit im ganzen Stromkreise zwischen . . .	3,36	„	10,56	Pferdekraft pro Sec.
die Arbeit im Lichtbogen zwischen	1,95	„	5,23	„ „ „
der Widerstand des Lichtbogens zwischen . . .	0,38	„	1,11	*S. E.*

Da nach den bezüglichen Ausführungen im §. 6 die in der Secunde von der Maschine verbrauchte Arbeit $= J^2 W$ 0,00181 oder $= JE$ 0,00181 (Werth für W nach dem Ohm'schen Gesetz eingefügt), so ergiebt sich beispielsweise aus unsern Mittelwerthen für J und E, d. i. 66,5 und 76, die von den Maschinen pro Secunde verbrauchte Arbeit zu $66{,}5 \times 76 \times 0{,}00181$ = 9,15 Pferdekraft, wonach im Mittel

die im ganzen Stromkreise gewonnene elektrische Arbeit [1]) . . . . . 75 Procent

und die im Lichtbogen von 0,745 *S. E* Widerstand geleistete Nutzarbeit . . . . . 49 „

betragen.

---

[1]) Die vom elektrischen Strom geleistete Arbeit ist nach dem Joule'schen Gesetz $J^2 W = \frac{E^2}{W}$ (Werth für J nach dem Ohm'schen Gesetz eingefügt).

Diese Ausdrücke durch die Geschwindigkeit eines im leeren Raume fallenden Körpers (9,81 m) dividirt, liefern den Werth der Arbeit des elektrischen Stromes in Kilogrammmetern. Ist somit die Stromstärke J oder die elektromotorische Kraft E und der Widerstand des Stromkreises bekannt, so lässt sich die Arbeit des Stromes aus $\frac{J^2 W}{9{,}81}$ oder $\frac{E^2}{W \,.\, 9{,}81}$ berechnen. Aus unsern Durchschnittszahlen für $E = 76$ und $J = 66{,}5$ ist W nahe $= \frac{76}{66{,}5} = 1{,}143$ und die Arbeit des Stromes $= \frac{66{,}5^2 \,.\, 1{,}143}{9{,}81}$ $= \frac{76^2}{1{,}143 \,.\, 9{,}81} = 515$ kgm, also 75 Proc. Die von der Maschine verbrauchte Arbeit war = 9,15 Pferdekraft = 686 kgm.

In gleicher Weise berechnet sich aus der in allen Theilen des Stromkreises, also auch im Lichtbogen, gleichen Stromstärke und dem Widerstande desselben die im Lichtbogen geleistete Nutzarbeit (s. auch §. 16).

§. 8.

Die elektrische Lampe (Construction Brush) und deren Einfluss auf den Betrieb.

Wir haben bereits angedeutet, dass das brennende Licht selbst, auf die Verhältnisse im Schliessungskreise wesentlich einwirkt. Den Zusammenhang in den wichtigsten Erscheinungen zu bewahren, wollen wir nunmehr das Licht in Bildung, Unterhaltung und nach seinen innern Verhältnissen näherer Betrachtung unterwerfen, und somit durch Einfügung desselben in den durch die Windungen der dynamo-elektrischen Maschine resp. durch die galvanische Batterie und die äussern Leitungsdrähte vorbereiteten Kreis das System zum Abschluss bringen. Wir sind bisher bestrebt gewesen, dasselbe leicht anschaulich zu machen durch die Wahl der einfachsten Leitungsverbindung und der, wenigstens im innern Zusammenhang, durchsichtigsten Maschine, im engsten Anschluss an das praktische Bedürfniss. In diesem Sinne wählen wir auch zur Vervollständigung des Systemes eine in der Praxis, namentlich in Amerika und England sehr geschätzte Lampenconstruction von Brush, welche dem Vorgange in der Bildung und Unterhaltung des elektrischen Lichtes mit Leichtigkeit zu folgen gestattet und den Gebrauch continuirlicher Ströme voraussetzt, wie solche durch die von uns bisher betrachtete Siemens'sche dynamo-elektrische Maschine geliefert werden.

Im §. 1 ist bereits darauf aufmerksam gemacht, dass durch einfache Unterbrechung eines Leitungskreises, in welchem der elektrische Strom circulirt, das elektrische Licht in Form einzelner Funken (Unterbrechungsfunken) gebildet wird. Die Entstehung desselben lässt sich so denken, dass in Ausführung der Trennung des Leitungskreises der Widerstand an der Trennungsstelle bedeutend erhöht, dadurch die Wärmeentwicklung aus dem elektrischen Strom auf diese Stelle concentrirt (§. 3) und die Verbrennung der getrennten Enden des Kreises eingeleitet wird, welche sich bei Anwendung schwacher elektrischer Ströme, in Metallleitern nicht unterhält.

Wird aber der Leitungskreis an der Trennungsstelle durch weniger gute Leiter, etwa durch gewöhnliche Schreib-Bleistifte gebildet, indem die Drahtenden mit der Graphiteinlage in leitende Verbindung gebracht werden, so zeigt sich beim Trennen der Bleistiftspitzen auf geringer Entfernung, auch schon bei schwächern Strömen, durch Verbrennen des Graphits unterstützt, dauerndes Licht, wobei die entwickelten Dämpfe und Gase den leitenden Zusammenhang im Schliessungskreise herstellen, während die blosse Luftschicht zwischen den getrennten Enden den elektrischen Strom unterbrechen würde, wie schon durch leichtes Anblasen zu beobachten, wobei das Licht verlischt.

In Stelle des theuern Graphits bedient man sich zur elektrischen Beleuchtung meist der Kohle mit gutem Erfolge. Theils wählt man die in den Retorten der Gasanstalten niedergeschlagene resp. aus dem Leuchtgase ausgeschiedene, theils künstlich zubereitete möglichst harte, elastische Kohle. Erstere ist sehr fest und lässt sich leicht in beliebige Formen zerschneiden. Zu Beleuchtungszwecken bildet man daraus massive Stäbe von quadratischem oder cylindrischem Querschnitt, von 10 bis 13 mm Seitenlänge resp. Durchmesser, in den erforderlichen Längen. Zwei solcher Kohlencylinder $k\,k_1$ stehen in der von uns gewählten Lampenconstruction (Fig. 26) in senkrechter Lage gegenüber, an deren Trennungsstelle das elektrische Licht erscheint. Beide sind in metallenen Kohlenhaltern durch Klemmen befestigt. Der untere Kohlenhalter ist mit der Metallsäule S und dessen Metallfuss isolirt und verschiebbar verbunden. Die Aufsatzsäule s, durch Schraubengewinde in S verstellbar, trägt eine Metallplatte, auf welcher eine in der Form gewöhnlicher Elektromagnetrollen aus isolirtem Kupferdraht, in der der Stromstärke entsprechenden Windungszahl gebildeten Spirale E steht, durch deren inneren Raum ein in der Längenrichtung beweglicher hohler Cylinder c aus weichem Eisen führt, innerhalb dessen sich eine zum Theil aus gleichem Material gebildete, ebenfalls frei bewegliche Stange e befindet, welche die obere Kohle k trägt.

Unter der die Drahtspirale E aufnehmenden Platte befindet sich, in einem Kasten K, der eigentliche Regulirungsapparat, dessen Theile in Fig. 26 a in grösserm Maassstabe dargestellt sind. Der in diesen Kasten eintretende Eisencylinder c wird von zwei Querarmen getragen, welche sich über zwei Säulchen bewegen

und dabei in der Spannung zweier Spiralfedern Widerstand finden. Auf dem Boden des Kastens ruht in loser Lage eine Messingplatte, durch deren Mitte die Eisenstange *e* mit geringem Spielraum führt. Unter diese Platte greift ein am Cylinder *c* befestigter Haken, welcher während der Hebung des Cylinders die Platte mitführt, die sich in Folge des einseitigen Angriffs etwas seitwärts neigt, dabei die Stange *e* klemmt, welche dadurch an der aufwärts gerichteten Bewegung Theil nimmt.

Fig. 26.

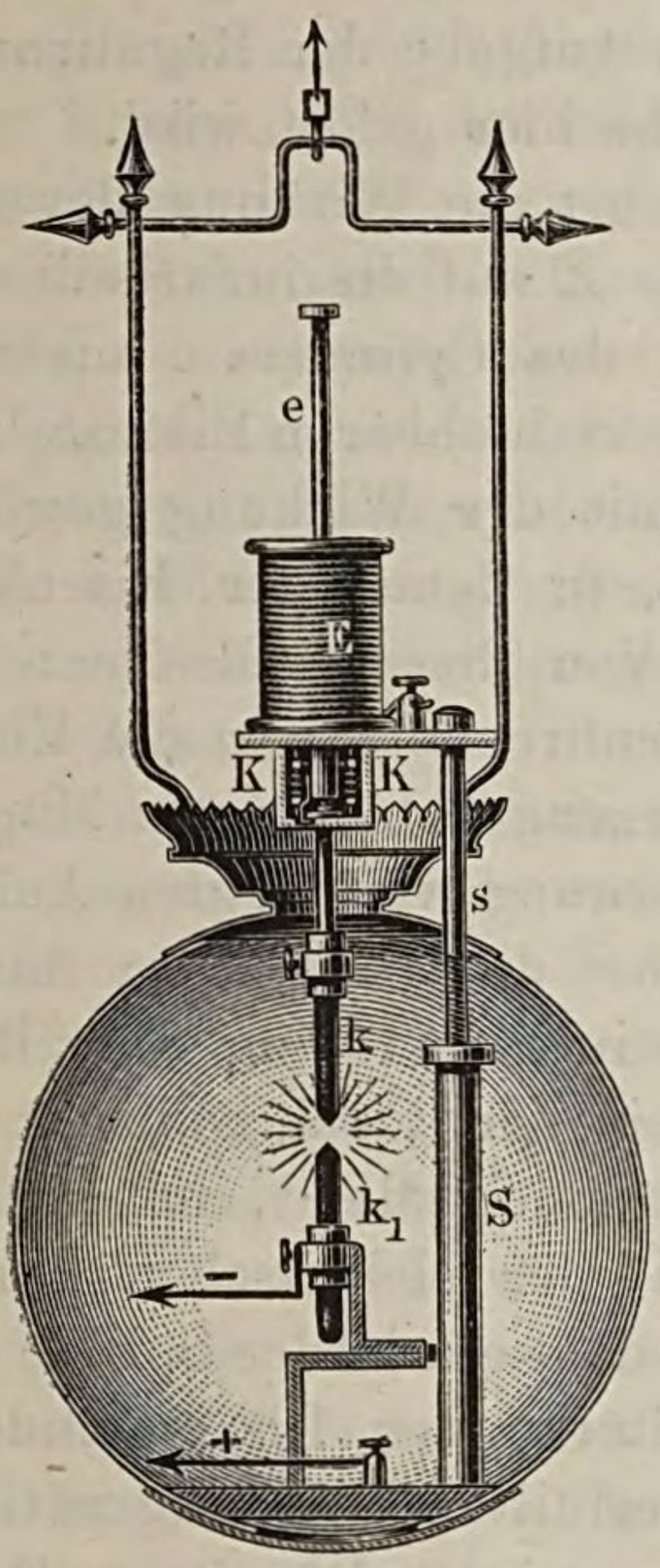
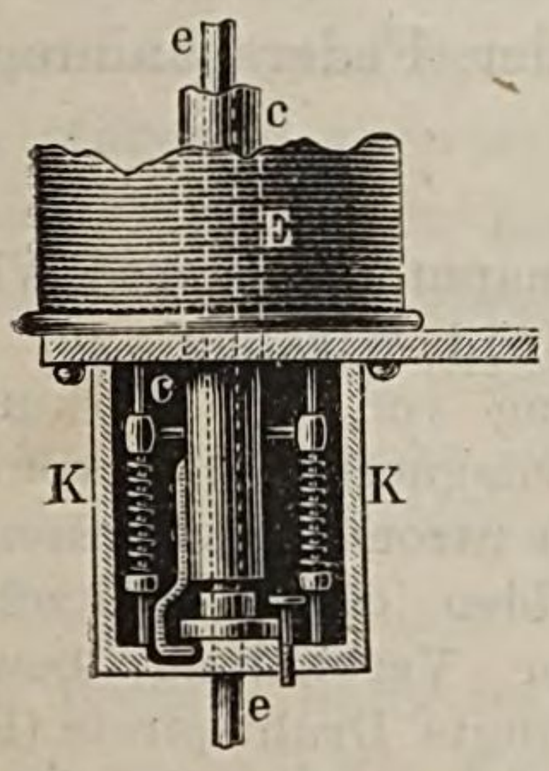


Fig. 26 a.



Der Anschluss der Lampe an die beiden freien Enden des Stromkreises (— und + Pol der Maschine) ist in der Fig. 26 angedeutet. Der positive Strom führt danach in den Fuss der Lampe durch die Säule *S* den Aufsatz *s* derselben, dessen Messingplatte, durch die Windungen der Spirale *E* an die Metallstange *e*, durch die obere Kohle *k* und entweder durch den Lichtbogen oder, in directer Berührung der Kohlenspitzen, nach der untern Kohle k_1, über deren Halter nach dem negativen Pol des Kreises resp. der Maschine.

Im Ruhezustande berühren sich die Kohlenspitzen; der Widerstand des Kreises ist dabei am kleinsten, weil derselbe in dieser Lage nur aus direct verbundenen festen Leitern besteht; in den Theilen des Schliessungskreises liegt aber der grössere Widerstand in der schlecht leitenden Kohle, namentlich in den unvollkommen verbundenen Kohlenspitzen. Hier wird also, nach unsern Betrachtungen (§. 3), die meiste Wärme entwickelt, welche die

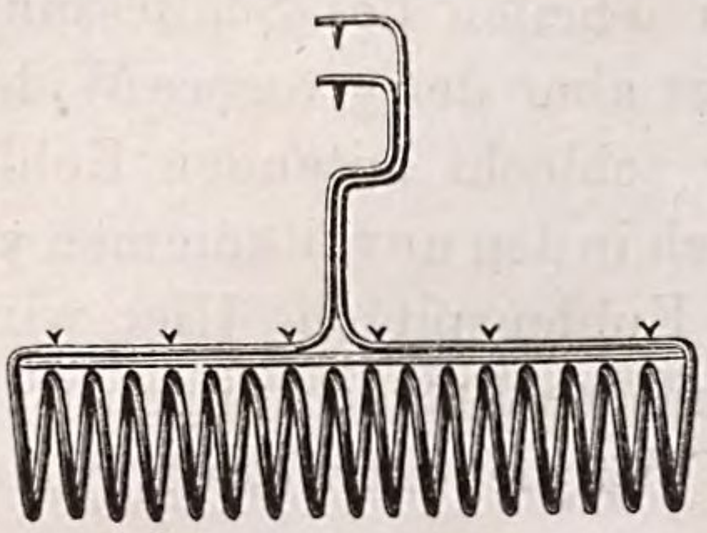
Kohlenspitzen zum Glühen bringt, wodurch sich das elektrische Licht einleitet, welches sofort erscheint, wenn die glühenden Kohlenspitzen langsam von einander entfernt werden. Die dazu erforderliche Bewegung auszuführen und die geeignetste Entfernung unter den Kohlenspitzen dauernd zu erhalten, ist Aufgabe der Regulirungsvorrichtung. Verfolgen wir, wie dieselbe hier gelöst wird.

Zu diesem Ende müssen wir zunächst die Wirkung der vom elektrischen Strom durchflossenen Spirale *E* auf die innerhalb derselben befindlichen beweglichen Theile: des Cylinders *c* aus weichem Eisen und des in seiner Bohrung verschiebbaren Eisenstabes *e* betrachten. Dass wir es hier nicht mit der Wirkung gewöhnlicher Elektromagnete zu thun haben, in denen der Eisenkern bekanntlich feste Lage hat, ist klar. Von diesen weiss man allgemein, dass der in den Windungen circulirende Strom die Eisenkerne magnetisirt, und dass der so erzeugte temporäre Magnet die Bewegung eines in geringer Entfernung vorgelegten Ankers aus weichem Eisen bewirkt. Dass dabei die vom Strom durchflossene Spirale selbst anziehend auf die in der Verlängerung ihrer Axe liegenden Eisentheile wirkt, bleibt in der Regel, weil mit der Wirkung der magnetisirten Kerne zusammenfallend, unbeachtet, tritt uns aber während der Thätigkeit der elektrischen Lampe von Brush dadurch sichtbar entgegen, dass ein in der Spirale [1]) *E* circulirender Strom von genügender Stärke den Eisencylinder *c* bewegt, indem derselbe von den stromerfüllten Windungen tiefer in den innern Raum der Spirale gezogen wird. Die Stromstärke, welche dies zu leisten vermag, ist aber vorhanden, wenn die Spitzen der beiden Kohlen $k\,k_1$ direct in Berührung stehen, worauf die Regulirungsvorrichtung in der Federspannung ein-

---

[1]) Nach Ampère auch „Solenoid“ genannt, und deren Wirkung „Solenoid-Wirkung“ zur Unterscheidung von der Wirkung der Elektromagnete. Die vom elektrischen Strom durchflossene, an den beiden oberen Spitzchen in leitender Verbindung beweglich aufgehängte Drahtspirale (Fig. 27) stellt sich, genau wie eine Magnetnadel, in den magnetischen Meridian ein.

Fig. 27.



zustellen sein würde. Beim Eintritt dieser Stromstärke wird somit der Cylinder *c* gehoben, und dieser Bewegung folgen, wie bereits angegeben, die freilagernde Metallplatte und die Stange *e*, welche die obere Kohle *k* trägt, die sich somit von k_1 entfernt, wodurch sich der Lichtbogen bildet. In Folge des Auseinandergehens der Kohlen wird der Gesammtwiderstand des Schliessungskreises durch den hinzutretenden Widerstand des Lichtbogens erhöht, die Stromstärke damit in dem Maasse geschwächt, dass der Cylinder *c* und die damit angehobene Platte, deren Hubhöhe übrigens durch eine in Fig. 26 a sichtbare Schraube begrenzt ist, in ihre Ruhelage zurückfallen. Die dadurch freigewordene Stange *e* verbleibt aber unter dem Einfluss des geschwächten Stromes, und des magnetisirten Eisencylinders *c* in der angenommenen Lage und folgt demnächst, nach Maassgabe der durch den Kohlenverbrauch bedingten Veränderungen des Gleichgewichtes unter den entgegengesetzt auf Hebung und Senkung wirkenden Kräften, der überwiegenden Kraft, indem sie sich, der Wirkung der eigenen Schwere nachgebend, fortwährend senkt und so eine bestimmte Entfernung unter den brennenden Kohlenspitzen dauernd erhält. Sollte im Laufe des Spiels durch irgend welchen Umstand eine Berührung unter den Kohlenspitzen eintreten, das Licht also erlöschen, so würde, wie beim Beginn des Betriebes, der Cylinder *c* in gleicher Weise in sichtbare Thätigkeit treten, der Lichtbogen somit in selbstthätiger Wirkung sofort wieder hergestellt werden, so lange die Kohlenstäbe nicht verbraucht sind, in welchem Falle es selbstverständlich der Erneuerung derselben bedarf.

Eine Glasglocke schützt das Licht gegen die Einwirkung bewegter Luft; und durch Anwendung matten Glases lässt sich der etwa störende zu starke Glanz abschwächen, womit allerdings 40 bis 50 Proc. der Lichtstärke verloren wird. Das System ist ausserordentlich einfach und liefert durchaus befriedigende Resultate. Die Kohlen dieser Lampen brennen acht Stunden.

Die Lichtstärke ist selbstverständlich mit abhängig von der Construction und Bewegung der dynamo-elektrischen Maschine.

Brush benutzt die von ihm selbst construirte Maschine, deren Beschreibung im 2. Abschnitt erfolgt.

In wieweit die Maschinen die constante Lichtausgabe stören, ist uns bereits bekannt. Die Lampe trägt aber dazu bei, diesen Mangel zu verstärken. Erfahrungsgemäss giebt die Entfernung

von 3 mm [1]) unter den Kohlenspitzen ein gutes, stabiles Licht. Wenn aber der Lichtbogen bei dieser geringen Länge schon einen Widerstand von einigen $S.E$ hat, so leuchtet ohne Weiteres ein, dass selbst unbedeutende Aenderungen in der Entfernung unter den Kohlenspitzen den allgemein geringen Gesammtwiderstand des Schliessungskreises merklich beeinflussen müssen, wie auch der fortwährende Verbrauch der unter den festen Theilen des Kreises am schlechtesten leitenden Kohlen [2]) eine dauernde Abnahme des Widerstandes bedingt, wenn die Drathverbindung nicht unmittelbar an den brennenden Kohlenspitzen anschliesst, was aber meist wieder unsichere schleifende Contacte für diese Stellen fordert.

Bei der dauernden Regulirung der Länge des Lichtbogens während des Betriebes handelt es sich um sehr enge Grenzen; es werden somit an die Regulirungsvorrichtung sehr hohe Anforderungen gestellt, denen mit den besten Einrichtungen vollkommen nicht zu entsprechen ist. Dass unter solchen Umständen minder gute Constructionen aber nothwendig den Erfolg ganz wesentlich beeinträchtigen müssen, wird der Bemerkung kaum noch bedürfen.

Unter sonst gleichen Verhältnissen verstärkte sich das Licht bei Vergrösserung des Abstandes der Kohlenspitzen von 1 auf 5 mm, von 547 auf 1140 Normalkerzen Leuchtkraft pro Pferdekraft und zeigte bei der zweckmässigsten Entfernung von 3 mm für stabiles Licht 874 Normalkerzen Leuchtkraft. Wird der Lichtbogen zu lang, so erlischt er. Die Entfernung, bei welcher dies geschieht, ist verschieden. Der Lichtbogen zeigt in dieser Beziehung ein eigenthümliches Verhalten. Je kleiner derselbe, desto geringer ist sein Widerstand, also auch der Leitungswiderstand des Schliessungskreises, desto grösser nach dem Ohm'schen Gesetz die Stromstärke, welche sonach aus zunehmender Länge des Lichtbogens geschwächt werden muss. Wenn ungeachtet dieser Strom-

---

[1]) Wird der Lichtbogen grösser, so kann das von den glühenden Kohlen ausgehende reine weisse Licht durch den Einfluss des im Bogen selbst erzeugten Lichtes gefärbt erscheinen, was das Erkennen der Farben beeinträchtigt und zuweilen auch in anderer Weise störend wirkt.

[2]) Die Kohle leitet etwa 3000 mal schlechter als Kupfer. Dass dem Verhalten fester Leiter entgegen, der Leitungswiderstand der Kohle mit Erhöhung der Temperatur abnimmt (nach Siemen's Versuchen um 0,000345 für jeden Grad zwischen 0 und 140^0 C), kommt bei der geringen Ausdehnung der brennenden Fläche wenig in Betracht.

schwächung der längere Lichtbogen grössere Leuchtkraft zeigt, so haben wir die Erklärung einfach darin zu suchen, dass in dem vergrösserten Widerstande, nach unseren Betrachtungen im §. 3, mehr Wärme entwickelt wird. Da die Beziehungen zwischen Wärme und Licht nicht genügend bekannt sind, so müssen zur Bestimmung der zweckmässigsten Länge des Lichtbogens die Erfahrungen zu Hülfe genommen werden. Und diese lehren eben, dass der Lichtbogen, welcher etwa zwischen 4 und 5 mm Länge verlischt, das beste Licht giebt, dessen Leuchtkraft selbstverständlich von der herrschenden Stromstärke abhängig ist. Da aber der Lichtbogen an der Grenze des Verlöschens oder in deren Nähe sehr empfindlich schon für leichte Einflüsse und somit grösseren Schwankungen in der Lichtausgabe unterworfen ist, so hat man, abgesehen von sonstigen unbequemen Erscheinungen, in der Praxis 3 mm als die geeignetste Lichtbogenlänge angenommen. Wenn damit auch den fühlbarsten Mängeln abgeholfen ist, so sind deren doch immer noch in unerwünschtem Maasse vorhanden, welche die Gleichmässigkeit der Beleuchtung beeinträchtigen. Es ist zu berücksichtigen, dass die Wärmeentwickelung im Lichtbogen niemals ungestört erfolgen kann, die Temperaturerhöhung der Wärmemenge nicht entspricht, dass die Leiter proportional ihrer Oberfläche Wärme an die Umgebung abgeben, verschieden lange, verhältnissmässig starke Kohlenstäbchen davon also ungleichmässig ausstrahlen, die Temperaturerhöhung des Leiters auch der specifischen Wärme desselben umgekehrt proportional ist, dass im Lichtbogen fortgerissene Theilchen der Elektroden, ebenso wie die unvermeidlichen Differenzen in den Kohlenabständen, Aschen- und Schlackenbildung, die Verschiedenheit der die Flammen umgebenden Luft den Widerstand des Lichtbogens fortwährend verändern, sowie dass die Flammen selbst elektrische Ströme (Flammenströme) erregen u. s. w.

Diese Betrachtungen werden genügen, um die Aufmerksamkeit in diejenige Richtung zu lenken, welche bei Beurtheilung der Wirkungen verschiedener Combinationen zur Bildung des elektrischen Lichtes auf richtige Schlüsse führt.

Von jeder elektrischen Lampe wird verlangt, dass die Spitzen der beiden Kohlen in directe Berührung treten, sobald das Licht verlischt, welcher Lage wir auch beim Beginn des Betriebes stets begegnen, dass sich beim Eintritt des Stromes und durch dessen

Einwirkung die Kohlenspitzen soweit von einander entfernen, als zur Bildung des Lichtbogens in der gewünschten Länge erforderlich ist, und endlich, dass sich diese Länge während des Betriebes durch Selbstregulirung möglichst constant erhält. Wird durch diese Regulirung auch die Lage des leuchtenden Punktes unverändert erhalten, so ist die Einrichtung vollkommener, indess lässt sich ein besonderer Werth daraus für die gewöhnliche Beleuchtung nicht herleiten. Letztere fordert aber gebieterisch exacte Ausführung für die drei ersten Functionen; und die Praxis schätzt namentlich diejenigen Constructionen, welche dies durch die einfachsten und solidesten Formen und Wirkungen erreichen, neben möglichst grosser, meist von der Länge der Kohlen abhängiger Dauer der Brennzeit. Ausser der ersten Regulirung soll die gute Lampe bis zum völligen Verbrauch der Kohlen keines Eingriffes bedürfen.

Betreffs der Anforderungen an die einzelnen Theile der Lampen und deren Verbindungen, sowie wegen der speciellen Leistungen der Regulirungsvorrichtung müssen wir auf diejenigen Ausführungen verweisen, welche sich im 2. Abschnitt den verschiedenen Lampen für continuirlichen Strom anschliessen.

Nur auf einen Punkt möchten wir, wegen seiner hohen praktischen Bedeutung, schon an dieser Stelle aufmerksam machen.

Die Regulirung der Lichtbogenlänge während des Betriebes kann erfahrungsgemäss mit Erfolg nur dem elektrischen Strom selbst übertragen werden, dessen Wirkung sich, nach Maassgabe der Widerstandsveränderungen im Lichtbogen, in der Bewegung des einen oder anderen der beiden Kohlenstäbe zu äussern hat, wie in der von uns betrachteten Construction Brush (Figur 26) durch Heben und Senken der oberen Kohle, unter dem Einfluss des in der Spirale E circulirenden Stromes. Der Erfolg ist dann wesentlich abhängig von dem Empfindlichkeitsgrade dieser elektrischen Anordnung für schwache Veränderungen in den Stromstärken; er würde vollkommen befriedigen, wenn bei ausreichender Empfindlichkeit die Veränderung der Stromstärke nur vom Kohlenverbrauch abhängig wäre. Wir wissen aber, dass auch andere Umstände die Stromstärken beeinflussen (schleifende Contacte, Erwärmung der Leiter etc.), welche nothwendig der Regulirung des Lichtbogens störend entgegentreten müssen, wenn, wie in unserem Falle, die Spirale E und

der Lichtbogen in der Hintereinanderschaltung innerhalb des Stromkreises liegen. Die Schwierigkeiten verstärken sich, wenn in denselben Stromkreis, in gleicher Verbindung, noch eine zweite Lampe oder gar mehrere Lampen eingeschaltet werden, weil die nach dem Ohm'schen Gesetz stets vom Gesammtwiderstande des Kreises abhängige Stromstärke dann noch weniger vom Widerstande des einzelnen Lichtbogens bestimmt wird. Die Regulirung läuft dann weniger darauf hinaus, eine bestimmte Lichtbogenlänge, als vielmehr, unter Veränderung des Widerstandes der Lichtbogen, eine bestimmte Stromstärke herzustellen. In solcher Anordnung lässt sich thatsächlich mit Sicherheit nur eine Lampe im Kreise unterhalten. Unter diesem Mangel litten bis vor wenigen Jahren sämmtliche Lampen, dem aber jetzt durch ein sehr einfaches Arrangement abgeholfen ist, indem man bei jeder Lampe den Strom der Hauptleitung durch Bildung einer Verzweigung theilt und in den einen Zweig das brennende Licht, in den anderen die regulirende Drahtspirale legt, der Lampe also innerhalb des Hauptkreises einen besonderen Stromkreis zuweist, für welchen durch entsprechende Anordnung der Widerstandsverhältnisse dafür gesorgt wird, dass Veränderungen ausserhalb desselben, also im Hauptkreise, die Regulirung der Lichtbogenlänge nicht stören, solche vielmehr überwiegend von den Vorgängen innerhalb der Specialkreise abhängig bleibt.

Diese Verbesserung, im Prinzip überall gleich, ist indess bei den verschiedenen Lampenconstructionen nicht in gleicher Form zur Ausführung gekommen, und danach ist auch die Wirkung verschieden. Weil aber diese Art der Regulirung der Lichtbogenlängen besonderen Werth erst für die Theilung des elektrischen Lichtes, also bei Unterhaltung mehrerer Lampen in demselben Kreise hat, so glauben wir an dieser Stelle von der Beschreibung des bezüglichen Arrangements für die Construction Brush absehen zu dürfen, indem wir uns vorbehalten, das Erforderliche darüber dem zweiten Abschnitt, nach erfolgter Betrachtung anderer Lampenconstructionen, zuzufügen (2. Abschnitt, Abth. 2, sub a).

§. 9.

Die Kohle, deren Verhalten und Einfluss auf die Lichtbildung, sowohl im continuirlichen Strom wie bei Wechselströmen (Jablochkoff'sche Kerze).

Im Weitern ist die Beschaffenheit der Kohle und die Art ihrer Verbrennung von grossem Einfluss auf Constanz und Stärke des elektrischen Lichts. Unreine Kohle, wie die aus den Gasretorten [1]), verbrennt wegen grosser Dichtigkeit langsam, aber unter störendem Geräusch, indem die Unreinigkeiten (Mineralien) zum Theil als glühende Kügelchen auf der Oberfläche ausgeschieden, durch Gasentwickelungen zersprengt und umhergeschleudert werden. Die künstlich hergestellte Kohle [2]), wenn chemisch rein, zeigt diesen Uebelstand nicht, verbrennt aber meist sehr schnell, während reine Kohle in Form von Graphit zu theuer ist. Betreffs der Abnutzung im Lichtbogen verhält sich die Retortenkohle zur künstlichen Kohle im Allgemeinen wie 1 : 1,4 und in Betreff der Lichtstärken wie 1 : 2. Zuweilen giebt man den künstlichen Kohlen zur Erhöhung der Leuchtkraft Beimischungen [3]). Besonders geschätzt sind einige französische Fabrikate, namentlich die von Carré. Von der guten Kohle verlangt man Festigkeit, zur Vermeidung des zu schnellen Verbrauchs [4]), eine gewisse Elasticität, welche das Zerspringen, sowohl in dem Zusammentreffen

---

[1]) Durch Zersetzung des Leuchtgases bei der Gasfabrikation an den Retortenwänden abgeschieden.

[2]) Kohlen- oder Koakspulver mit einem Bindemittel, Theer, Zuckerlösung etc. gebrannt.

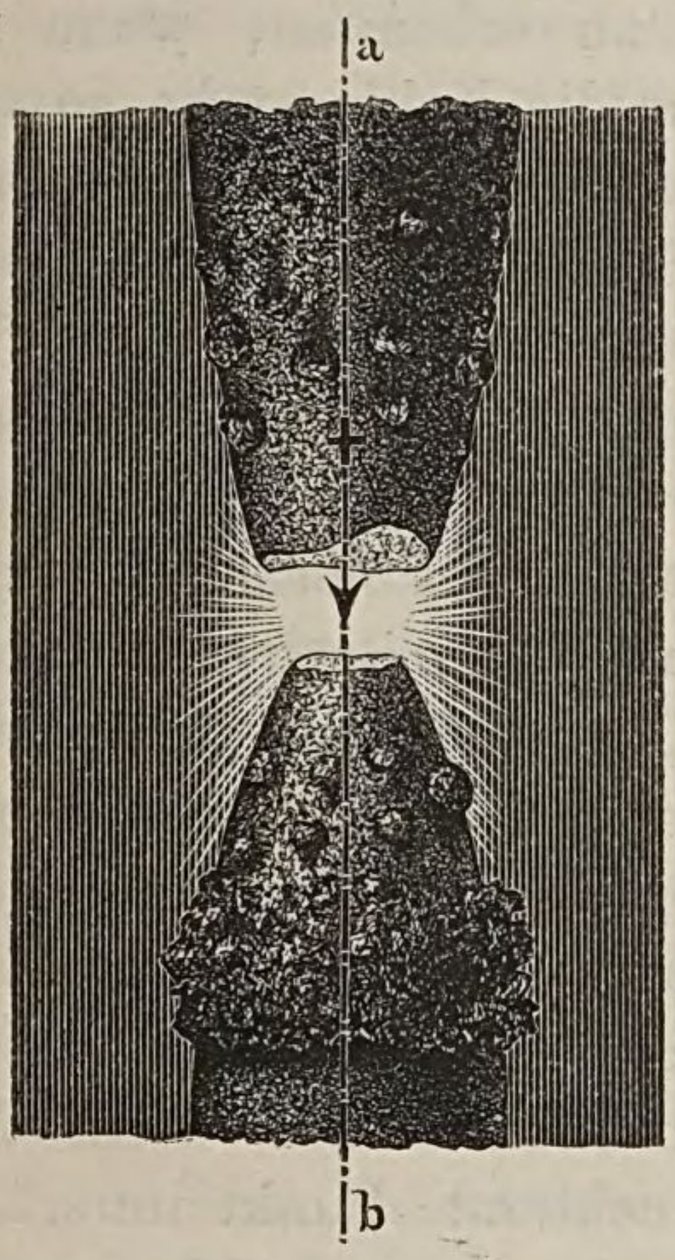
[3]) Salpetersaures Strontian, Aetzkali, Borax, Schwefelsäure, Salpetersäure, Zinkchlorid, Glaubersalz etc. Die Herstellung der Kohlen ist ausführlich behandelt in „Fontaine, Elektrische Beleuchtung". Wien 1880.

[4]) In neuerer Zeit durch galvanisches Vernickeln oder Verkupfern (metallisirte Kohle) unterstützt, wobei ermittelt, dass sich im mittelstarken Licht der Verbrauch freier, verkupferter und vernickelter Kohlen etwa verhält wie 1,6 : 1,4 : 1.

beider Kohlenspitzen, wie auch unter dem Einfluss der Hitze verhindert, möglichst reines Material zur Erzeugung eines reinen, weissen, ohne Geräusch brennenden Lichts und vollkommen gerade gerichtete Stäbe, wodurch die Möglichkeit gegeben, die Axen der zur Bildung des Lichts gegenübergestellten Kohlen in gerader Linie zu erhalten, was für die gleichmässige Vertheilung des Lichts von besonderm Werthe ist.

Beim Verbrennen der Kohlen in dem mittelst continuirlichen Stroms erzeugten Lichtbogen (Fig. 28), glüht die obere (positive) Kohle, durch welche der positive Strom [1]) in den Lichtbogen eintritt, in ihrer Spitze am stärksten; dieselbe höhlt sich kraterförmig aus, während die untere (negative) Kohle nur eine geringe Abplattung zeigt und weniger erhitzt wird. Der grösste Theil des Lichts strömt aus der Weissgluth der + Kohle, wobei die kraterförmige Aushöhlung gewissermaassen als Reflector wirkt. Von der Form derselben ist daher die Richtung der Lichtstrahlen wesentlich abhängig. Fallen die Axen beider Kohlen nicht in eine Linie *a b*, so öffnet sich der Reflector, je nach der Axenverschiebung, mehr oder weniger zur Seite als nach unten, und nach dieser Seite wird dann der Raum selbstverständlich auch besser beleuchtet. Für gewisse Fälle wird solche Wirkung allerdings sogar gesucht; immerhin verlangt man gerade gerichtete Kohlenstäbe, um die Verschiedenheit in der Lichtausgabe nicht dem Zufalle überlassen zu müssen. Eine vollkommen regelmässige Oeffnung des Kraters nach unten, würde sich aber in jedem Falle nur durch besondere künstliche Mittel erzielen lassen. Das Licht bildet eben zwischen den Kohlenspitzen einen Bogen

Fig. 28.



---

[1]) Bei Anwendung galvanischer Batterien im Anschluss der obern Kohle an den Kohlenpol.

(Lichtbogen), selbst dann, wenn die denselben bewegende Luft vollständig abgeschlossen ist. Der Lichtbogen ist ein Leiter des elektrischen Stromes. Bewegliche vom Strom durchflossene Leiter werden aber durch andere elektrische Ströme und durch Magnete aus ihrer Richtung abgelenkt. Wo dergleichen vorhanden, wie überall in der Nähe der Einrichtungen zur Bildung des elektrischen Lichtes, ist somit der Lichtbogen unter deren Einfluss gestellt, und selbst der Erdmagnetismus wirkt ablenkend darauf. Diese Einflüsse abzuwenden, welche selbstverständlich die Form des Kraters mit bestimmen, müsste der Lichtbogen mit einem verstellbaren Magnetsystem umgeben werden, wofür aber ein Bedürfniss nicht zu erkennen, wenn für gleichmässige Vertheilung des Lichts nur die Kohlenstäbe so eingestellt sind, dass deren Axen zusammenfallen. Dem Hitzegrade beider Kohlen entsprechend, nutzt sich auch die obere Kohle schneller ab, als die untere; nach allgemeiner Annahme im Verhältniss von 2 : 1, während die Erfahrung zeigt, dass nach Maassgabe der Beschaffenheit der Kohlen, der Länge des Lichtbogens und der Stärke des elektrischen Stromes dieses Verhältniss zwischen 1,3 : 1 und 3,3 : 1 wechselt, so dass bei mittlerer Beleuchtung und dem Gesammtverbrauch von 50 mm der festern Retortenkohle oder 65 bis 80 mm der künstlichen Kohle pro Brennstunde, auf die positive Kohle entfallen, 28 bis 38 (Retortenkohle) oder 37, 45 bis 50, 62 mm (künstliche Kohle); auf die negative Kohle dagegen resp. 22 bis 12 (Retortenkohle) und 28, 35 bis 15, 18 mm (künstliche Kohle). Hiernach verschiebt sich in der Lampe von Brush im günstigsten Falle der leuchtende Punkt innerhalb der das Licht einschliessenden Glaskugel nur um 12 mm pro Stunde.

Sofern die als Reflector wirkende kraterförmige Aushöhlung der obern, positiven Kohle die Richtung der Lichtstrahlen hauptsächlich bestimmt, muss nothwendig durch das im continuirlichen Strom erzeugte elektrische Licht die Lichtausgabe nach unten grösser sein, als in horizontaler Richtung und in der Richtung nach oben. Nach stattgehabten Ermittelungen trifft das Maximum der Lichtstärke auf den Winkel von 60 Grad unter der Horizontalen. Als allgemeiner Anhalt zur Bestimmung der Lichtstärke J_1 unter der Horizontalen ist die Benutzung der Formel $J_1 = J\,(5{,}23\ \mathit{sin}\ \alpha + 1)$ empfohlen, worin J die in

horizontaler [1]) Richtung gemessene Lichtstärke und α den Winkel gegen diese Richtung bezeichnet, für welchen die Stärke der Beleuchtung bestimmt werden soll, wobei zu beachten, dass zur Ermittelung der Beleuchtung bestimmter Punkte die Lichtstärken im Quadrat der Entfernung vom leuchtenden Punkt abnehmen.

Bei der Abhängigkeit der Lichtstärken von der Grösse und Form des Kraters der positiven Kohle ist selbstverständlich die Stärke der Kohlenstäbe und die Gestalt der Kohlenspitzen nicht gleichgültig. Die Form der Spitzen wird aber durch den Lichtbogen beeinflusst. Je länger derselbe, desto grösser ist sein Leitungswiderstand, desto mehr Wärme wird verhältnissmässig in demselben entwickelt (§. 3), desto mehr spitzt sich die Kohle zu und desto kleiner wird die das Licht ausgebende glühende Fläche; während bei zu kleinem Lichtbogen, also zu geringem Widerstande für die Wärmeverwerthungsstelle, die übrigen Theile des Schliessungskreises resp. die Drahtwindungen in der dynamoelektrischen Maschine wieder zu stark erhitzt werden. Ueberall begegnet man collidirenden Interessen, deren Ausgleichung zu engen Begrenzungen führt. Ganz auffallend ist der Umstand, dass das elektrische Licht verhältnissmässig wenig Wärme ausstrahlt [2]), während im Innern desselben ein sehr hoher Hitzegrad entwickelt wird; wogegen das um etwa ein Drittel minder heisse Gaslicht die Umgebung ausserordentlich stark erhitzt. Wenn sich dies zum Theil auch dadurch erklärt, dass das elektrische Licht frei ist von Verbrennungsproducten, dasselbe somit auch nicht, wie das Gaslicht, im chemischen Process durch den Sauerstoff der Luft unterhalten wird, so dürfte in der weitern Betrachtung doch offenbar werden, dass es sich beim elektrischen Licht um vollständig veränderte Formen, nicht um des Lichts, sondern auch der Wärme handelt.

---

[1]) Allgemein geübte Aufstellung des Photometers zur Bestimmung der Lichtstärken.

[2]) Zu vernachlässigen ist die ausgestrahlte Wärme aber keineswegs; bei mittelstarken Lichtern ist dieselbe sogar schon ziemlich bedeutend, so dass es für die Bedeckung sehr grosser Glasglocken bedarf, um deren Zerspringen zu verhindern. Man hat ermittelt, dass das Licht von 300 bis 400 Normalkerzen Stärke, pro Minute eine Hitze gleich drei Pferdekräften $\left(\frac{3 \,.\, 75}{430} = \text{ppr. } 0{,}5 \text{ C.}\right)$ ausstrahlt.

Siemens nimmt an, dass zur Erzeugung eines elektrischen Lichts von 4000 Normalkerzen ein elektrischer Strom von 34 Weber's Stärke erforderlich, und diese Lichtmenge durch 200 Argand-Brenner (20 Flammen) zu erzielen ist, welche ppr. 0,45 cbm Gas pro Minute consumiren. Die Verbrennungswärme von 1 cbm Gas zu 6335 C. angenommen, entfallen auf 0,45 cbm Gas 2850 C.; wogegen 34 Weber's, erzeugt im Stromkreise von 1,28 *S. E* Gesammtwiderstand (siehe Versuchsangaben im §. 7) ppr. 21 C. pro Minute repräsentiren, wozu noch die geringe Verbrennungswärme (etwa 2 C.) der in der Lichtbildung verbrauchten Kohle tritt, so dass zur Bildung des elektrischen Lichts noch nicht ein Procent der Wärme erfordert wird, wie bei der Gasbeleuchtung.

Nach einer im Journal of the Franklin Institute, No. 657 pro 1880 und im Engineering aus 1878, October 18 enthaltenen Berechnung ist der Lichteffect einer Normalkerze (Lichteinheit) $^1/_3$ Kubikfuss Kohlengas, wobei aber bemerkt wird, dass in praxi, bei Anwendung der gebräuchlichen unvollkommenen Brenner, damit nur die halbe Lichtmenge zu erreichen. Wird der Verbrauch zu $^1/_2$ Kubikfuss angenommen, dessen Wärmeeffect = ppr. 100 C., und berücksichtigen wir, dass nach dem S. 64 erwähnten Versuche, bei 3 mm Entfernung der Kohlenspitzen ein stabiles Licht von nur 874 Normalkerzen pro Pferdekraft entfällt, wofür sich die nutzbare Wärme auf 628 C. pro Stunde berechnet $\left(\frac{75 \,.\, 60 \,.\, 60}{430}\right)$, der Wärmeeffect pro Normalkerze also $\frac{628}{874} = 0{,}72$ C. beträgt, so stellt sich die Ausgabe von Wärme in Erzeugung des Gaslichts zu der im elektrischen Licht wie 100 : 0,72 oder wie 139 : 1.

Wie man das Verhältniss der Wärmeausgabe aber auch darstellen möge, stets wird sich ergeben, dass zur Erzeugung des elektrischen Lichts eine weit geringere Wärmemenge erforderlich ist als zur Bildung des Gaslichts.

Ausser den continuirlichen Strömen stehen in der erweiterten praktischen elektrischen Beleuchtung aus neuerer Zeit auch Wechselströme (S. 32) in Anwendung, wozu die Construction der Jablochkoff'schen Kerze (Fig. 29) den ersten Anstoss gegeben haben mag. Dieselbe ist aus zwei parallel gestellten ppr. 22 cm langen, 3 bis 4 mm starken Kohlenstäben *k k* gebildet, welche in Messinghülsen *h h* eingreifen. Kohlen und Messinghülsen,

circa 3 mm von einander entfernt, sind in der parallelen Lage durch isolirendes Material, in der Regel Gyps *g g* für erstere, Porcellanthon *m* für letztere, untereinander fest verbunden, unter Zuhülfenahme eines festen Bandes *a* aus Asbest. Zwischen den

Fig. 29.

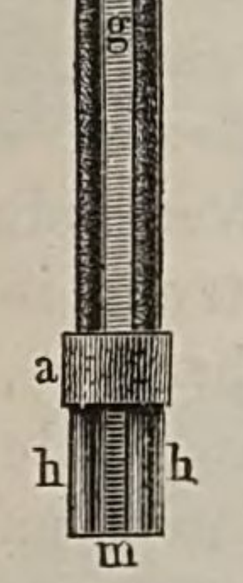
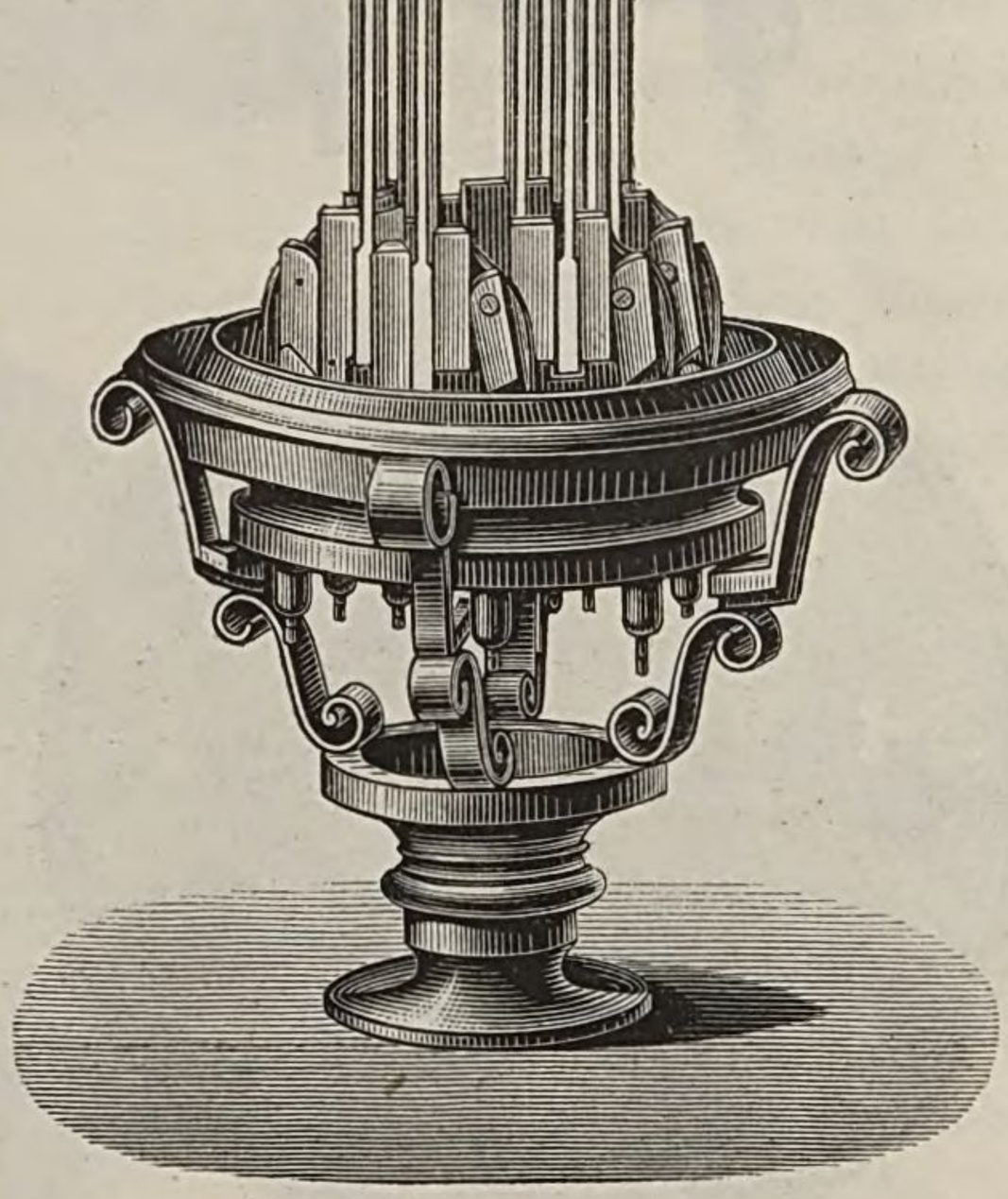


Fig. 29 a.

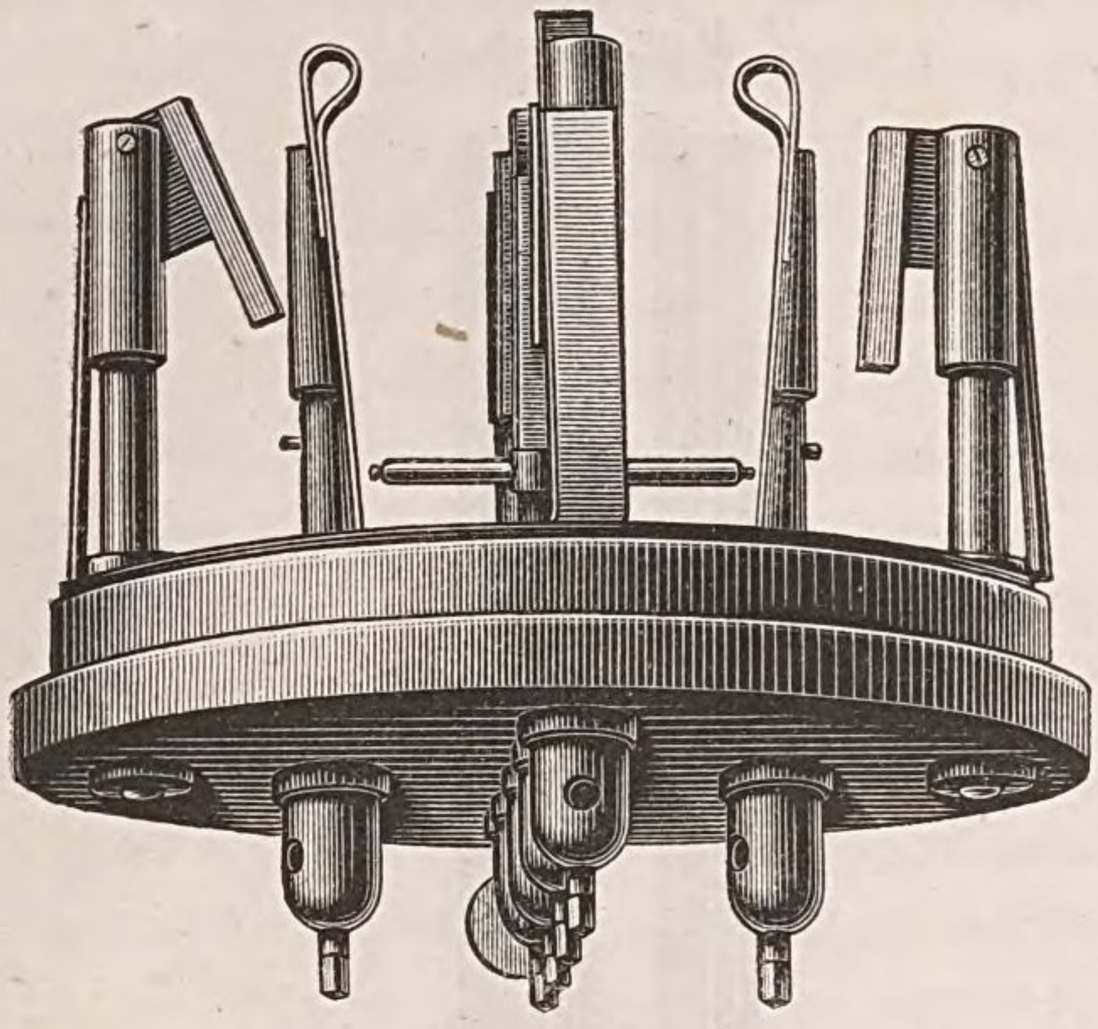


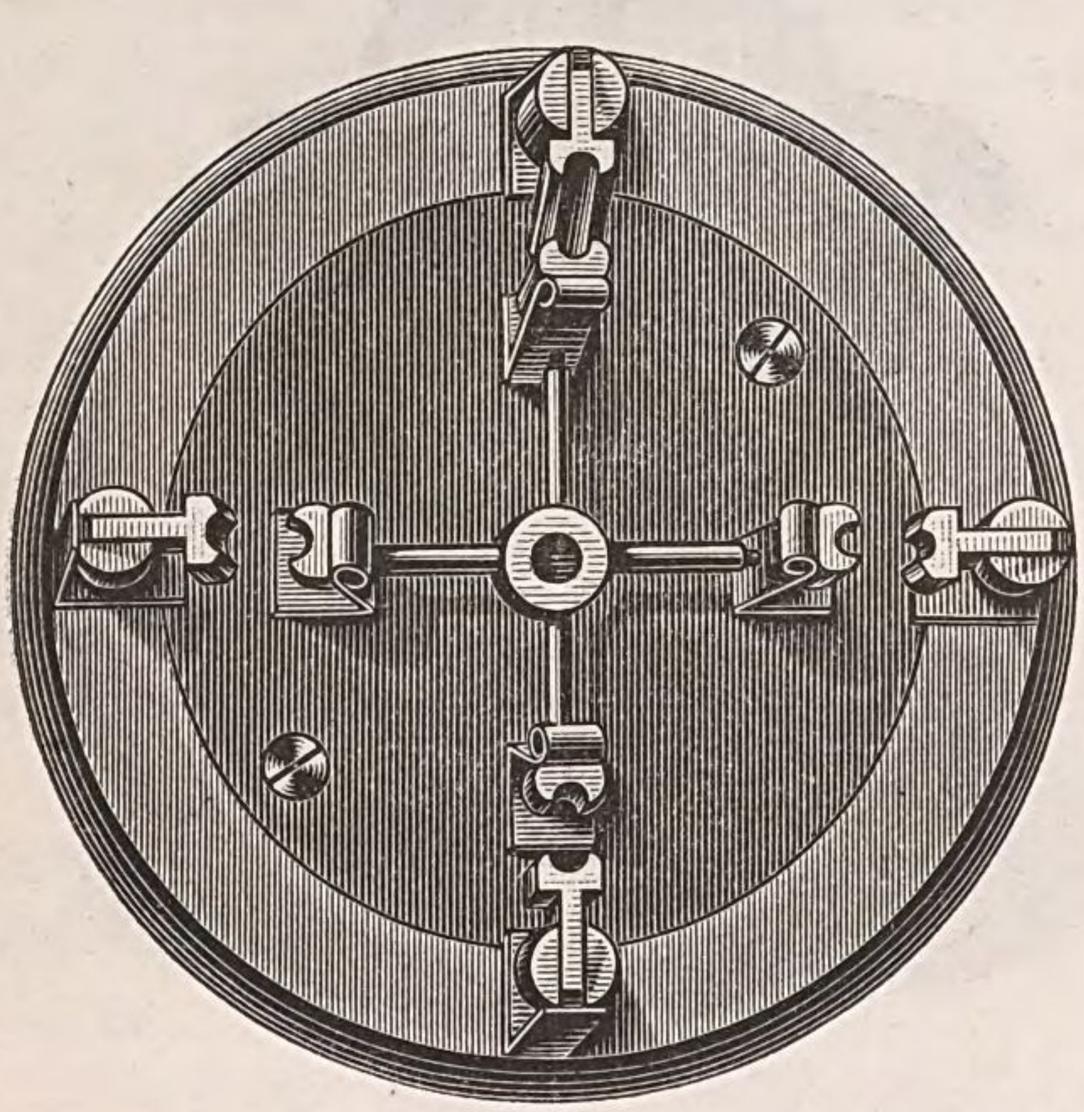
Kohlenspitzen befindet sich eine leitende Verbindung (Kohlen- oder Graphitstückchen) behufs Einleitung der Verbrennung resp. Bildung des Lichtbogens.

An die beiden Messinghülsen schliessen die beiden freien Enden des Stromkreises an. Der elektrische Strom führt durch den einen Kohlenstab, das leitende Verbindungsstück und den

andern Kohlenstab. Sobald das Verbindungsstück verbrannt ist, zeigt sich der Lichtbogen unter den freigewordenen Spitzen.

Fig. 29 b.





Die gleichmässige Verbrennung der parallel gestellten Kohlen liess sich in befriedigender Weise nur durch Anwendung von Wechselströmen ermöglichen [1]), wobei in ausserordentlich schneller Folge der positive elektrische Strom wechselnd in den einen und in den andern Kohlenstab eintritt, und beide in vollkommener Spitzenbildung sich gleichmässig verkürzen, während die Gypsverbindung, bei der Erhitzung, in Dampfform übergeht, somit an der Verbrennung Theil nimmt und nicht unwesentlich dazu beiträgt, den Glanz des Lichts zu erhöhen [2]). Die Kerze brennt nur etwa zwei Stunden. Man hat deshalb auch mehrere Kerzen in einer

---

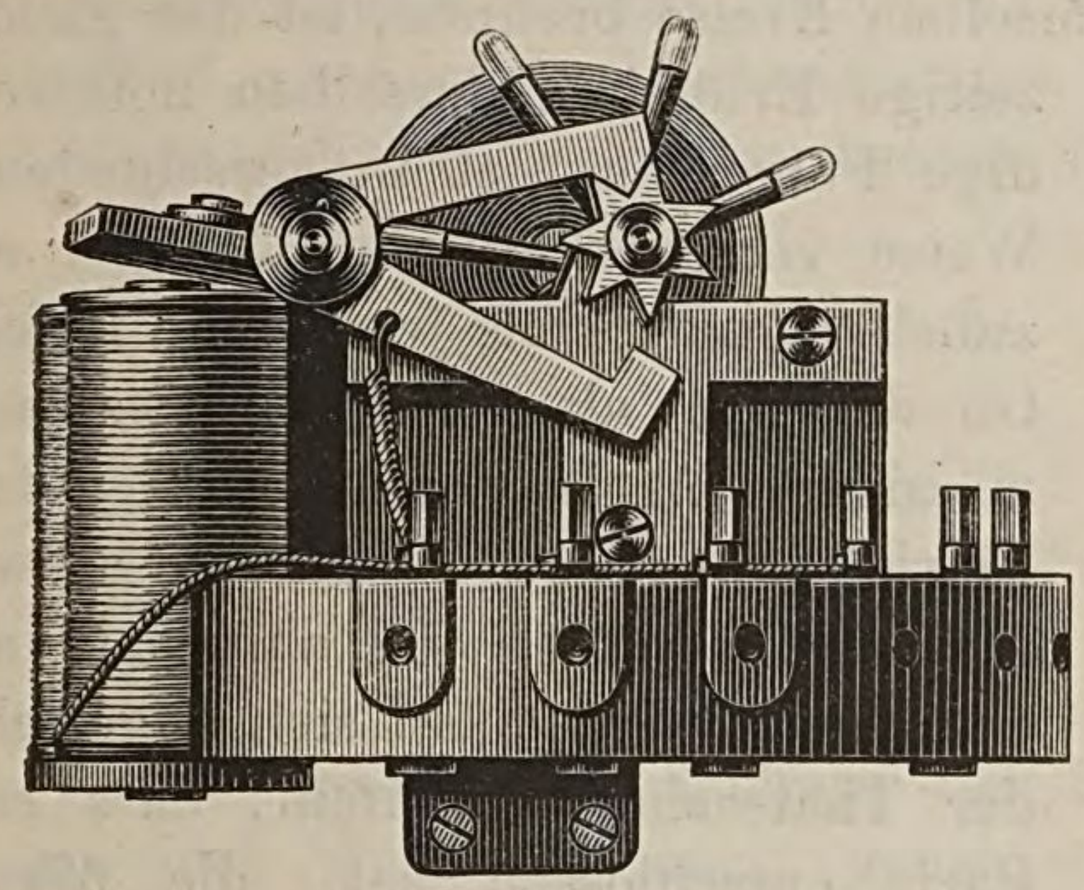
[1]) Versuche mit ungleichen, der Verbrennung entsprechenden Kohlenstärken im continuirlichen Strom haben kein günstiges Resultat geliefert; beachtenswerth scheint aber ein neuer Vorschlag, der um einen geraden Kohlenstab einen spiralförmig gewundenen stellt, welcher die doppelte Länge des ersteren hat.

[2]) Gyps ist ein gutes Bindemittel und giebt ein doppelt so starkes Licht als Porcellanthon (Kaolin).

Glaskugel vereinigt und Anordnung dahin getroffen, dass nach vollständigem Verbrennen einer Kerze eine andere automatisch einschaltet.

Fig. 29 a (a. S. 73) zeigt die zusammengestellten Kerzen bei abgehobener Glaskugel, und in Fig. 29 b ist die Art der Befestigung in federnden Klemmen besser zu erkennen.

Fig. 29 c.

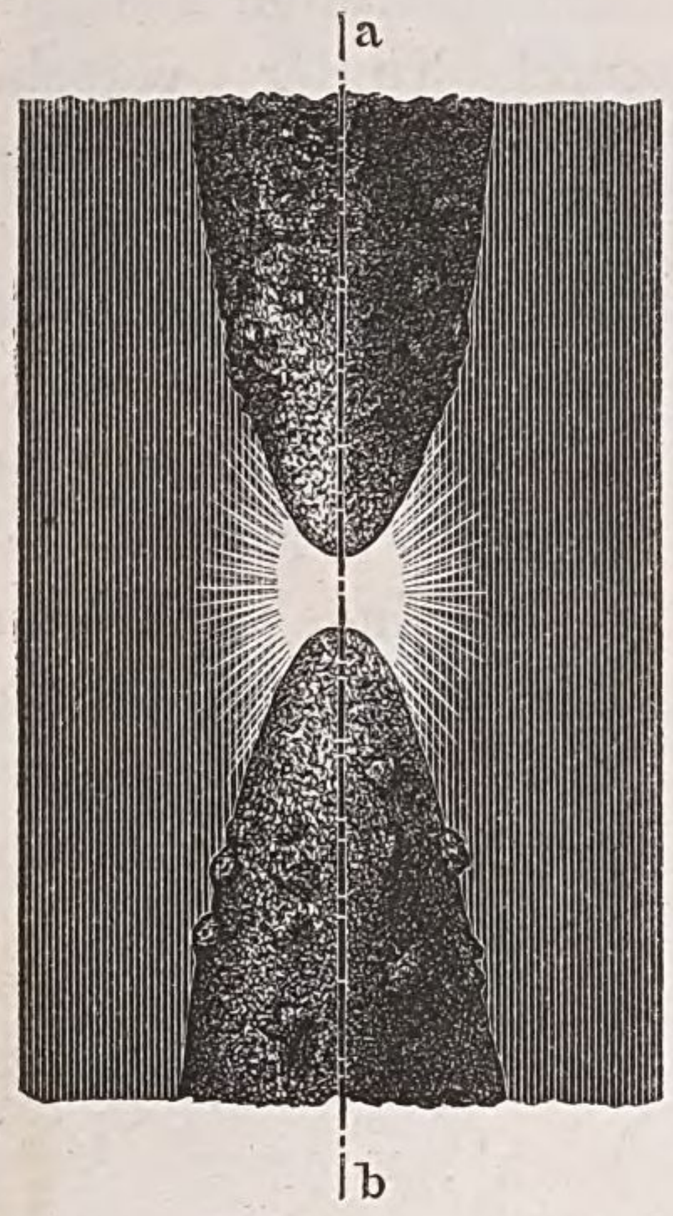


Für die automatische Wirkung sind die innern Klemmstücke mit Metallstreifen aus Stahl und Kupfer versehen, welche sich bei nahe abgebrannter Kerze so stark erwärmen, dass aus der verschiedenen Ausdehnung beider vereinigten Metalle das freie Ende mit einem der aus dem Centrum des Gestelles verzweigenden Metallstäbchen Contact bildet, der auf den Stromkreis eines Elektromagneten wirkt, dessen Ankerbewegung den das Licht erzeugenden Strom in die nächste Kerze leitet.

Der mit diesem Elektromagneten versehene Commutator ist in Fig. 29 c dargestellt. Der plattenförmige drehbare Anker wird durch Contregewicht von den Elektromagnetkernen abgehalten. Die Ankerbewegung wirkt durch zwei Einfallhaken drehend auf ein Sternrad, mit welchem sich eine Kurbelwelle bewegt, deren Kurbeln dabei nacheinander in Quecksilber eintauchen, womit die unter-

einander isolirten Abtheilungen eines kleinen Kastens aus Hartgummi gefüllt sind. Abtheilungen und Kurbeln correspondiren mit bestimmten Kerzen, so dass der durch die Spindel führende lichtbildende Strom über die einzelnen Kurbeln in die zugehörenden Kerzen eingeleitet wird. Wenn aber das Licht aus irgend welcher Veranlassung früher erlischt, so kann es sich nicht wieder, wie bei der Lampe von Brush, selbst entzünden, und falls mehrere Kerzen in demselben Kreise brennen, ist das gleichzeitige Erlöschen derselben nothwendige Folge. Es ist in verschiedener Weise versucht, diesem Mangel abzuhelfen, indess bis jetzt ohne Erfolg. Ob derselbe aber bei sonst zweckmässigem Arrangement und gutem Betriebe in Wirklichkeit so schwer ins Gewicht fällt, wie allgemein angenommen wird, lässt sich angesichts der Thatsache bezweifeln, dass sich Paris entschlossen hat, die öffentliche Beleuchtung mit diesen Kerzen fortzusetzen und London, für grössere vergleichende Versuche in der Strassenbeleuchtung, neben den Lampen von Brush auch Jablochkoff'sche Kerzen zulässt. Jedenfalls ist es das einfachste System der elektrischen Beleuchtung in Anwendung des galvanischen Lichtbogens, frei von Schwankungen in den Längen desselben, also grösseren Widerstandsveränderungen gerade an der Stelle, wo die im Kreise entwickelte Wärme zu concentriren ist und wo schon geringe Veränderungen sehr nachtheilig wirken. Dass die geringen Kohlenstärken der Jablochkoff'schen Kerzen keine grosse leuchtenden Flächen bieten können, die Lichtstärken daher im Allgemeinen geringer sein müssen, als beim Gebrauch elektrischer Lampen mit stärkern Kohlen ist klar. Die Lampen zum Wechselstrombetrieb (Abschn. 2), welche dieselben Kohlen führen, wie die Lampen für continuirlichen Strom, leisten in dieser Beziehung mehr. Ob diese Betriebsart, in Anwendung besonderer Lampen,

Fig. 30.



aber einem wirklichen Bedürfniss entspricht, darüber lässt sich streiten. Fig. 30 zeigt die Form der in solchen Lampen brennenden Kohlenspitzen.

Die Lichtausgabe erfolgt hier offenbar mehr in horizontaler Richtung, und die Erfahrung lehrt, dass die grösste Lichtstärke etwa in 15^0 von der Horizontalen liegt, vorausgesetzt, dass nicht etwa durch Verschiebung der Kohlenaxen ein schiefes Abbrennen der Kohlenspitzen eintritt, wobei die Lichtausgabe für den speciellen Fall, nach unsern Betrachtungen über die Form der Spitzen im continuirlichen Strom, zu beurtheilen sein würde.

§. 10.

Lichtstärken und Richtung der Lichtstrahlen.

Zur besseren Vergleichung der Lichtstärken aus continuirlichen und Wechselströmen, geben wir die Resultate in Fig. 31 in paralleler Zusammenstellung für die horizontal gemessene Lichtstärke von 1700 Normalkerzen. Die Wirkung über der

Fig. 31.

Lichtstärke im	
Wechsel-	contin.
Strom	
1700	1700
1748	3040
1700	6247
1573	8930
1368	**10070**

Fig. 31 a.

Horizontalen ist für continuirlichen Strom sehr gering, für Wechselstrom aber gleich der nach unten, sofern die sehr schwache Leuchtkraft des zur Seite ablenkenden Lichtbogens selbst unbeach-

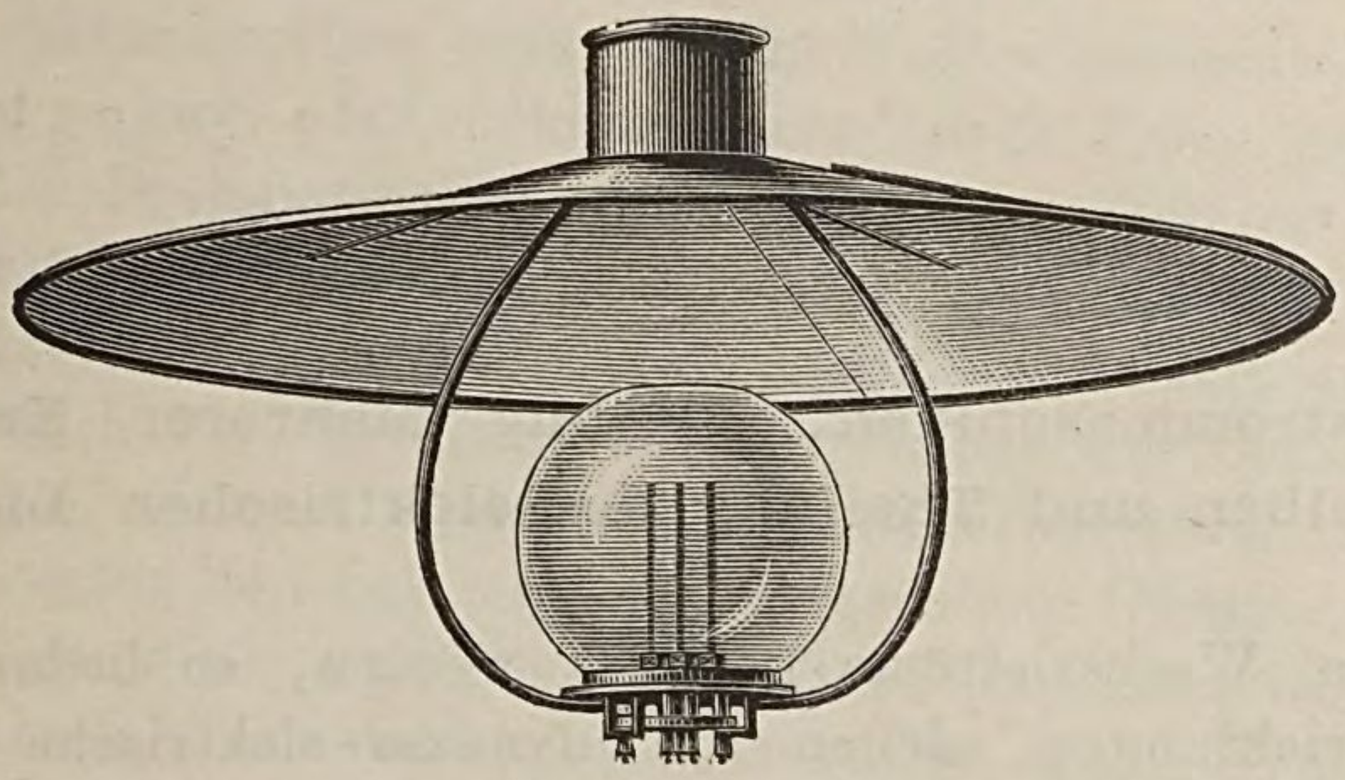
tet bleibt. Wir überzeugen uns, dass dabei ein grosser Theil des Lichts den Raum auch an solchen Stellen trifft, deren Beleuchtung für Arbeitsräume in der Regel nicht angestrebt wird; und wenn darin Flächen liegen, welche das Licht schlecht reflectiren oder ein hoher Raum zu sehr zerstreuend wirkt, so ist dieser Lichttheil für die Ausnutzung nahe verloren, wenn nicht dem Verluste durch besondere Reflectoren begegnet wird. Dagegen trifft die Richtung des Lichts im continuirlichen Strom im Allgemeinen mehr das praktische Bedürfniss, indem es namentlich die Arbeitsstellen zu ebener Erde am stärksten beleuchtet. Immerhin dürfte es einzelne Fälle geben, in denen das Wechselstromlicht, selbst ohne besondere Reflectoren, vortheilhaft erscheint. Die Höhe des leuchtenden Punkts über der Bodenfläche ist selbstverständlich für das Arrangement in Arbeitsräumen, namentlich auch für den Schattenwurf, nicht gleichgültig und nach Bedarf zu bestimmen. Ganz anders ist das Verhältniss in der Beleuchtung durch Jablochkoff'sche Kerzen. Fig. 31 a (a. v. S.) lässt dasselbe in ähnlicher Darstellung erkennen. Die stärkste Lichtausgabe richtet sich hier nach oben (653 Normalkerzen). Für die andern Richtungen ist zu unterscheiden, ob das Licht von der flachen oder von der schmalen Seite der Kerze ausgeht. Der Unterschied ist für die horizontale Richtung resp. 585 und 425 Normalkerzen.

Der Umstand, dass das Maximum der Lichtstärke nach oben entfällt, hat unter andern zu dem Arrangement geführt, das Licht seitlich und nach unten vollständig zu verdecken, um das Auge gegen die blendende Wirkung zu schützen, und die Beleuchtung lediglich durch reflectirtes Licht zu bewirken, oder, bei unverdeckten Flammen, mit geeigneten Reflectoren (Fig. 32) zu unterstützen.

Diese Verschiedenheiten in der Lichtausgabe gegenüber unserer gewöhnlichen Beleuchtung, die bedeutenden Unterschiede für geringe Abweichungen von der Horizontalen im continuirlichen Strom, bei den im allgemeinen bedeutenden Lichtstärken, der wesentliche Einfluss aus der Einstellung der Kohlenstäbe und deren Beschaffenheit, die unvermeidlichen Schwankungen aus unbedeutenden, zum Theil unabwendbaren Aenderungen im Stromkreise etc., in Verbindung mit der Unsicherheit der gebräuchlichen Messmethoden, dürften keinen Zweifel darüber lassen, dass Angaben über Lichtstärken, sofern der Vorzug eines Sy-

stems etc. damit bewiesen werden soll, zur Vorsicht nöthigen; für bevorzugte Einrichtungen Paradezahlen zu liefern, ist ebenso leicht, wie bei nicht wohlwollender Behandlung die Resultate abzuschwächen. Ein Vergleich verschiedener Constructionen

Fig. 32.



oder Arrangements ist bei der grossen Empfindlichkeit und Abhängigkeit der einzelnen Theile des Schliessungskreises untereinander, sowie von den mitwirkenden Einrichtungen, in befriedigender Schärfe kaum durchführbar.

Die Gesammtleistung in der praktischen Benutzung kann nur allein maassgebend sein für das Urtheil, wobei die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, dass selbst die sinnreichsten und theoretisch zweckmässigsten Arrangements keine Ueberlegenheit zeigen, sofern dabei vielleicht eine Behandlung vorausgesetzt wird, welche sich mit dem praktischen Betriebe nicht oder nur schwierig vereinigen lässt. Es kann sogar unter sonst gleichen Verhältnissen an einer Stelle verworfen werden, was an anderer Vorzügliches leistet, weil die Art der Behandlung verschieden war. Deshalb können auch die Erfahrungen an einer Stelle den praktischen Werth allein nicht entscheiden. Unter solchen Umständen ist es unausbleiblich, dass man sich an verschiedenen Stellen verschiedenen Systemen zuwenden wird.

Wir werden diejenigen Constructionen, sowohl für continuirlichen Strom wie für Wechselstrom präsentiren, welche in der einen oder andern Richtung Beachtung verdienen, möchten aber den systematischen Gang dadurch nicht früher unterbrechen, als bis die mehr allgemein gültigen Ausführungen so weit erschöpft

sind, dass der Werth der verschiedenen Einrichtungen leichter erkennbar ist. Unsere Betrachtungen über die Lichtausgabe zeigen die allgemeine Ueberlegenheit des im continuirlichen Strom gebildeten elektrischen Lichts. Wir wissen auch bereits, dass die dynamo-elektrische Maschine den continuirlichen Strom in sehr einfacher Verbindung liefert.

§. 11.

Wechselstrommaschinen, Bildung mehrerer Kreise aus denselben und Theilung des elektrischen Lichts.

Sollen Wechselströme gebildet werden, so bedarf es weiterer Einrichtungen, denen die dynamo-elektrische Maschine gewissermaassen nur als Hülfsmaschine hinzutritt, welche dann lediglich bestimmt ist, der besondern Wechselstrommaschine (Hauptmaschine) die nach dynamo-elektrischem Princip erregte Grundkraft im continuirlichen Strom zuzuführen. Derselbe hat hier die Aufgabe, eine grössere Zahl von Elektromagneten der Wechselstrommaschine zu magnetisiren, vor deren Polen, durch eine zweite mechanische Bewegung, in besondern Drahtrollen (Inductor) Wechselströme inducirt werden, die als solche in den Leitungskreis eintreten, ähnlich dem bei magnet-elektrischen Maschinen (Seite 32) betrachteten Vorgange. Die dynamo-elektrische Maschine steht hierbei mit dem eigentlichen Schliessungskreise des elektrischen Lichts nicht in Verbindung, kommt also bei Bestimmung des Verhältnisses der Wärmeausgabe zur Lichtbildung nicht in Betracht; den innern Widerstand dieses Kreises bilden lediglich die Windungen des Inductors der Wechselstrommaschine, welche als magnet-elektrische Maschine auftritt. Man lässt entweder die Elektromagnete derselben oder die vor deren Polen befindlichen Inductionsrollen rotiren. Im letzteren Falle schliessen die beiden Pole der dynamo-elektrischen Maschine in fester Drahtverbindung an die freien Enden der feststehenden Elektromagnete an, während die freien Enden der rotirenden Inductionsrollen durch schleifende Bürsten mit dem Wechselstromkreise verbunden sind; wogegen bei feststehendem Inductor die

Wechselströme durch feste Verbindung in die Leitung eintreten und der continuirliche Strom der dynamo-elektrischen Maschine durch schleifende Contacte in die Elektromagnetwindungen abfliesst. In jedem Falle begegnen wir dieser unsichern Verbindung auch bei der Wechselstrommaschine, deren Betrieb doppelten Aufwand mechanischer Kraft fordert.

Die Inductorrollen sind bei den Wechselstrommaschinen [1]) in der Regel in zwei oder mehrere besondere Gruppen getheilt, und die aus der Drehungsachse in entsprechender Zahl verzweigenden freien Drahtenden schliessen an zwei oder mehrere besondere Leitungskreise an, deren Lampen somit gleichzeitig aus der Maschine unterhalten werden. Von der Grösse der Construction ist es abhängig, wie viel solcher Kreise ausführbar sind.

In neuster Zeit hat man beide Maschinen (Haupt- und Hülfsmaschine) zu einer einzigen verbunden; immerhin ist der Preis, auch der combinirten Wechselstrommaschine, erheblich höher als der einfacher dynamo-elektrischen Maschinen, ebenso der Aufwand an mechanischer Kraft für gleiche Leistungen.

Durch Bildung mehrerer Kreise aus der Wechselstrommaschine lassen sich mehrere elektrische Lichter gleichzeitig unterhalten. Dieses Arrangement, sofern in jedem Kreise nur ein Licht brennt, ist aber nicht zu verwechseln mit der sogenannten Theilung des Lichts, worunter man, wie im §. 1 bereits bemerkt, die Unterhaltung mehrerer Flammen in demselben Kreise versteht.

Die unverändert feste Lage der Kohlen resp. die stets gleichmässige Entfernung unter den brennenden Kohlenspitzen in der Jablochkoff'schen Kerze, namentlich aber die feste leitende Verbindung an der Spitze der Kohlenstäbe, welche das gleichzeitige sichere Entzünden einer beliebigen Zahl Kerzen desselben Stromkreises zulässt, erschien auch insofern als bedeutender Fortschritt, als damit die Frage wegen Theilung des elektrischen Lichts der Lösung näher gerückt war. Die darauf gerichteten Versuche fielen auch befriedigend aus, indess musste man sich dabei bald überzeugen, dass bei gleicher Leistung resp. unter der

---

[1]) Ein flüchtiger Blick auf die im 2. Abschnitte abgebildeten Wechselstrommaschinen von Siemens und Gramme dürfte geeignet sein, vorstehende Ausführungen über diese Maschine zu unterstützen.

Maximalleistung der Maschine die Lichtstärke des einzelnen Lichts um so geringer war, je mehr Kerzen im Kreise brannten und die Gesammtlichtausgabe wesentlich hinter der des im Kreise brennenden Einzellichts zurückblieb. Man erkannte, dass es für jede Maschine eine nicht sehr weit gezogene Grenze giebt, innerhalb welcher die Theilung des Lichts dem praktischen Bedürfnisse entspricht, resp. dass bei Unterhaltung einer grössern Anzahl Lichter der Kostenaufwand unverhältnissmässig wächst, was auch durch einfache Rechnung bestätigt wird.

Diese Rechnung kann sich allerdings nur auf die Wärmeentwicklung durch den elektrischen Strom stützen. Bei der Unbekanntschaft mit den genauen Beziehungen zwischen Wärme und Licht im Stromkreise darf nun zwar eine correcte Lösung der Frage auf solchem Wege nicht erwartet werden, immerhin liegt darin ein werthvoller Anhalt bezüglich der zum Theil bedeutend gesteigerten Erwartungen, namentlich wegen der unendlichen Theilung des elektrischen Lichts, d. h. in dem Sinne, wie die Theilung des Gaslichts erfolgt, welches in beliebiger Flammenzahl und in unveränderter Stärke aus den Röhrensträngen abgeleitet werden kann.

Im §. 3 (S. 21) haben wir für das Joule'sche Gesetz bereits die Formel $A = \frac{E^2}{w + W + W_1}$ gefunden, worin A die vom elektrischen Strom als Wärme geleistete Arbeit, E die elektromotorische Kraft der Elektricitätsquelle (dynamo-elektrische Maschine), w der innere Widerstand derselben, W der Widerstand der Leitung und W_1 der des schlechten Leiters (Lichtbogen). Wir haben dort gesehen, dass die Wärmeausgabe im schlechten Leiter $(W_1) = \frac{E^2 W_1}{(w + W + W_1)^2}$, sowie, dass das Maximum der Wärme im Kreise entwickelt wird, wenn $W_1 = w + W$.

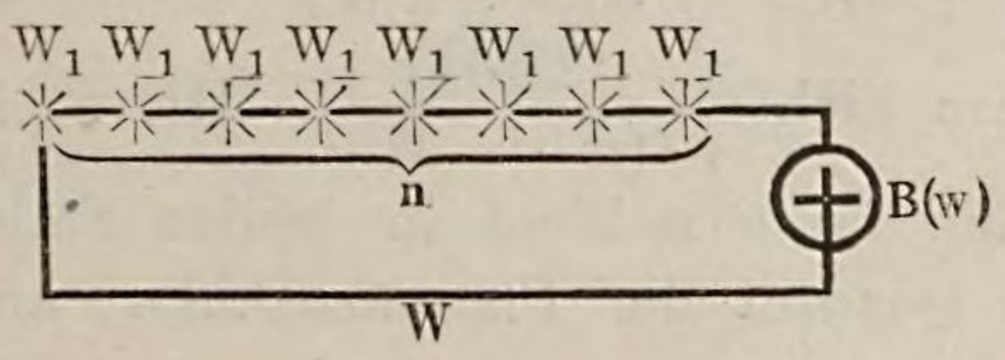
Es ist nun zu unterscheiden, die Hintereinanderschaltung von n Lichtern (Fig. 33) und die Parallelschaltung derselben (Fig. 33 a), wobei wir uns der bessern Uebersicht wegen, in Stelle der dynamo-elektrischen Maschine, eine galvanische Batterie B eingeschaltet denken wollen.

Wenn die Wärmeausgabe innerhalb eines Lichtes $= \frac{E^2 W_1}{(w + W + W_1)^2}$, so beträgt die Gesammtwärme in n Lich-

tern, entsprechend dem Gesammtwiderstande derselben (S. 14) $\frac{E^2 W_1 n}{(w + W + W_1 n)^2}$ für die Hintereinander- und $\frac{E^2 \frac{W_1}{n}}{\left(w + W + \frac{W_1}{n}\right)^2}$ für die Parallelschaltung.

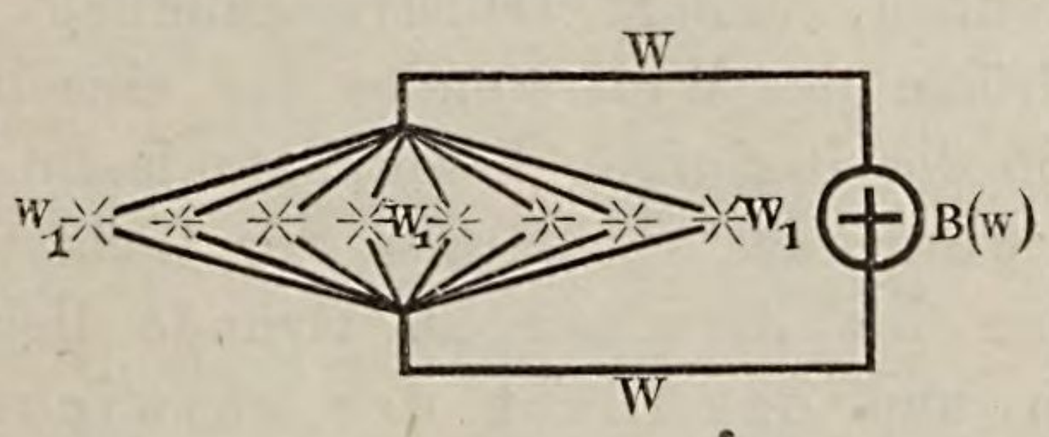
Das Maximum der Wärmewirkung tritt im ersten Falle ein, wenn $n W_1 = w + W$, im zweiten, wenn $\frac{W_1}{n} = w + W$. Je

Fig. 33.



grösser die Zahl der Lichter, je grösser also n, desto mehr verschwindet der Werth $w + W$ gegen $n W_1$ und derselbe darf

Fig. 33 a.



schliesslich vernachlässigt werden. In diesem Falle erhalten wir als Ausdruck für die Gesammthitze in n Lichtern $\frac{E^2 W_1 n}{(n W_1)^2} = \frac{E^2}{n W_1}$ und somit als Wärmeausgabe in einem derselben $\frac{E^2}{n^2 W_1}$.

Im zweiten Falle wird aber $\frac{W_1}{n}$ mit der Vermehrung der Lichter resp. der Zweige immer kleiner. Eine Vernachlässigung des Werthes für $\frac{W_1}{n}$ im Zähler des Ausdrucks für die Gesammtwärme

parallel geschalteter Flammen $\frac{\frac{E^2 \frac{W_1}{n}}{}}{\left(w + W + \frac{W_1}{n}\right)^2}$ ist aber in keinem Falle zulässig, weil selbst der kleinste Werth an dieser Stelle wesentlichen Einfluss hat; wogegen der Fortfall im Nenner bei genügender Werthverminderung ohne Bedenken erfolgen kann. Wir erhalten dann für diesen Ausdruck, also als Gesammthitze in n Lichtern $\frac{E^2 \frac{W_1}{n}}{(w + W)^2} = \frac{E^2 W_1}{n(w + W)^2}$ und somit für die Wärmeausgabe in einem Licht $\frac{E^2 W_1}{n^2(w + W)^2}$. Hiernach steht also die Wärmeentwicklung für ein Licht in beiden Fällen in indirectem Verhältniss zum Quadrat der Flammenzahl n, und die in jedem Licht ausgebrachte Wärme beträgt $\frac{1}{n^2}$ der Wärme, welche zur Unterhaltung nur eines Lichts in dem betreffenden Kreise entwickelt werden würde.

Ob bei der Parallelschaltung [1]) (Fig. 33 a) in jedem Zweige mehrere Lichter brennen, ändert selbstverständlich nichts in der Sache, da die Grösse des Widerstandes der einzelnen Zweige zu einer Modification der Rechnung keine Veranlassung bieten kann. Diese Rechnung würde das Verhältniss der Lichtstärken genauer bezeichnen, wenn die derselben zu Grunde liegenden Werthe constant blieben und das Licht der entwickelten Wärme proportional wäre, was indess nicht der Fall ist; immerhin dürfte eine wesentlich andere Gestaltung zu Gunsten der Lichtausgabe nicht zu unterstellen sein. Wir wissen bereits, welchen Veränderungen sowohl die elektromotorische Kraft E wie auch der Widerstand in seinen drei Theilen unterliegt, und müssen namentlich auch berücksichtigen, dass die an die Parallelschaltung geknüpfte Verminderung des Widerstandes des Gesammtkreises ausserhalb der Maschine, zu einer grössern Wärmeentwicklung

---

[1]) Diese Verbindung ist nicht zu verwechseln mit der Bildung mehrerer Kreise aus derselben Maschine (S. 81). Wir haben es dabei thatsächlich nur mit einem Stromkreise zu thun, innerhalb dessen die Lichter verzweigen.

innerhalb der Drahtwindungen derselben führt. Dass dadurch die Theilung des Lichts nicht begünstigt wird, ist unzweifelhaft. In jedem Falle ist aber durch die Rechnung der Beweis geführt, dass eine so vollkommene Theilung des elektrischen Lichts, wie für die Gasbeleuchtung ausführbar, nicht zu erwarten ist[1]). Der praktisch zulässige Umfang der Lichttheilung ist für jede in ihrer Leistung begrenzte Maschine verschieden und abhängig von der Maximalleistung, deren Grenze sich durch die zulässige Drehungsgeschwindigkeit, den Sättigungspunkt der Magnete etc. bestimmt, während andererseits der Erfolg wesentlich mit bedingt wird durch die Construction der Lampe, deren Regulirungsvorrichtung erfahrungsmässig um so vollkommener sein muss, je mehr Lichter im Kreise brennen sollen.

§. 12.

Praktisches Maass für die elektrische Beleuchtung.

Von der Theilung des elektrischen Lichtes macht man vortheilhaften Gebrauch, um ausgedehntere, dem Einzellicht nicht günstige Räume gleichmässiger zu beleuchten, oder störende scharfe Schatten zu vermeiden. Die Form des zu beleuchtenden Raumes und die Art der Benutzung desselben wird dann maassgebend für den Umfang der Theilung sein müssen. Offenbar ist die Beleuchtung durch ein stärkeres Licht am günstigsten über der kreisförmigen Bodenfläche, sofern die Lichstärke dem Radius des beleuchteten Kreises entspricht, das Licht genügend hoch angebracht ist und durch günstige Reflexe von Wänden und Decke die Schattenbildung gedämpft wird (Theater, Circus etc.). Dasselbe

---

[1]) In Carl's Repertorium, Bd. XVII, 8. u. 9. Heft, S. 555 ff. wird von M. Avenarius eine Methode zur Theilung des elektrischen Lichts unter Anwendung von Polarisatoren vorgeschlagen. Die Beschreibung ist ziemlich dunkel, auch ist daraus nicht abzusehen, wie das Ziel in befriedigender Weise erreicht werden soll. Avenarius nimmt an, dass im Lichtbogen durch Polarisation, wie im Wasserzersetzungsapparat, eine Gegenkraft von 30 Daniell und mehr gebildet wird, der es zuzuschreiben, dass die Zahl der in denselben Schliessungskreis einzuschaltenden Lampen so eng begrenzt sei.

Licht würde dagegen im schmalen und lang gestreckten, sonst gleich grossen Raume nicht in gleichem Maasse befriedigen und vielleicht sogar eine ganz mangelhafte Beleuchtung ergeben.

Es ist denkbar, dass in solchem Falle durch zwei oder mehrere gut vertheilte schwächere Flammen, selbst unter Verlust an der Gesammtlichtausgabe [1]) eine günstigere Beleuchtung erzielt werden kann. Was dabei an der Gesammtlichtstärke verloren geht, würde durch vollkommenere Ausnutzung des schwächeren Lichtes resp. durch Verkürzung der Entfernungen von den leuchtenden Punkten etc. wieder gewonnen werden können. Sofern es aber dabei zur Verstärkung des getheilten Lichtes eines grösseren Kraftaufwandes zum Betriebe der dynamo-elektrischen Maschine bedarf, würde die Beleuchtung im zweiten Falle mit einem grösseren Kostenaufwand verknüpft sein. Wir überzeugen uns auch hieraus, dass es misslich ist, die Leistungen des elektrischen Lichts nach seinem Glanze resp. seiner Stärke in Normalkerzen beurtheilen zu wollen, wie meist geschieht. Es ist weit richtiger, den Grad der Beleuchtung einer bestimmten Fläche als Grundmaass zu betrachten. So unterscheidet Crompton drei Beleuchtungskreise:

1. Einen Kreis zur Ausführung von Präcisionsarbeiten, deren ungestörte Ausführung einen gewöhnlichen Gasbrenner in der Entfernung von etwa 1 m fordert.
2. Einen Kreis, welcher das Lesen einer Zeitung in jedem Punkte gestattet.
3. Einen Kreis, dessen entferntester Punkt noch die Stärke einer guten herbstlichen Mondbeleuchtung zeigt.

Damit würde offenbar ein bestimmterer Anhalt zur Beurtheilung gegeben.

Ein ähnlicher Maassstab für die Leistungen der dynamo-elektrischen Maschine mittlerer Grösse, d. h. des für den gewöhnlichen Gebrauch in industriellen Etablissements etc. bestimmten

---

[1]) Da die Lichtstärke im Quadrat der Entfernung vom leuchtenden Punkt abnimmt, so ist die 1 m davon gemessene Stärke des Lichts von 1000 Normalkerzen auf der Entfernung von 10 m nur $\frac{1000}{10^2} = 10$ Einheiten. Deshalb werden, der Zerstreuung des Lichts, dem Grunde dieser Erscheinung, vorzubeugen, in geeigneten Fällen Reflectoren (Hohlspiegel) verwendet, welche aber bei der gewöhnlichen Beleuchtung, wegen starker Schattenbildung, oft stören.

Modells, ist von Fontaine angelegt, nach dessen Angabe mit dem von dieser Maschine erzeugten Einzellicht, selbstverständlich in der erreichbaren grössten Stärke, eine Fläche zu beleuchten ist

von 250 qm für Spinnereien, Buchdruckereien, Webereien und ähnlichen Arbeitsausführungen,
„ 500 „ „ Maschinenfabriken,
„ 2000 „ „ für den freien Werkplatz[1]),

wobei für geeignete Räume und gewisse Arbeitsausführungen die Theilung in zwei Lichtern zweckmässig sein kann; und endlich von

14 bis 15 000 qm für die öffentliche Beleuchtung von Strassen, Plätzen, Promenaden etc.

Sofern nun aber, wie wir gesehen haben, die Lichtausgabe nicht allein von der Maschine abhängig ist, sondern auch von den Widerstandsverhältnissen in dem gebildeten Schliessungskreise, von der anzuwendenden Lampenconstruction und von der Beschaffenheit der brennenden Kohlen etc., werden auch mit dieser Angabe nicht alle Zweifel beseitigt; immerhin dürfte damit ein sehr willkommener praktisch brauchbarer allgemeiner Anhalt nicht nur für die Leistungen der Einrichtung, sondern auch für den Kostenpunkt, als Vergleich zur Gasbeleuchtung, sowohl betreffs der Installation wie der Unterhaltung geboten sein.

Die Angabe der Lichtstärken in Normalkerzen hat nur in denjenigen Fällen besondern Werth, in denen die Flamme selbst als Beobachtungsobject dient, wie bei Leuchtthürmen, Signalvorrichtungen etc. oder wo es sich darum handelt, entfernte Gegenstände erkennbar zu machen, wie bei kriegerischen Actionen, um die nächtlichen Unternehmungen des Feindes zu verfolgen. In beiden Fällen kommen meist sehr grosse Maschinen zur Erzeugung sehr starker Lichter in Anwendung, welche zu solchen Zwecken bis zu 40 000 Normalkerzen-Stärke gebildet sein sollen. Jedenfalls ist das Bedürfniss hier stets nach dem speciellen Fall

---

[1]) Gleich starke Beleuchtung dürfte für Bahnhöfe verlangt werden. In der Regel brennen dabei in demselben Kreise mehrere Lichter. Auf deutschen Bahnhöfen beträgt die Lichtstärke derselben etwa 200 bis 300 Normalkerzen, und der davon beleuchtete Raum ppr. 500 qm Bodenfläche (s. 2. Abschnitt).

zu beurtheilen, wobei betreffs Ausrüstung der Leuchtthürme zu erwägen sein dürfte, ob es zur Beschränkung der Ausgaben nicht vorzuziehen sein möchte, das schwächere elektrische Licht, in seiner immerhin bedeutenden Ueberlegenheit gegen andere Beleuchtungsmittel, durch einfache Linsensysteme zu unterstützen. Für kriegerische Zwecke bedarf es in der Regel derartiger Rücksichten nicht; der Zerstreuung des Lichts vorzubeugen wird man aber hier der Mithülfe geeigneter Hohlspiegel nicht entbehren können.

§. 13.

Incandescenz-Beleuchtung (System Reynier).

Nachdem wir den Einfluss der Lichtbogenlänge auf den Betrieb kennen gelernt haben, ist es von Interesse, die für dynamoelektrische Maschinen aufzuwendende Betriebskraft mit der Lichtausgabe zu vergleichen. Nach einem desfallsigen Versuche mit Maschinen mittlerer Grösse und zwar für eine bestimmte Tourenzahl (750 pro Minute) des Inductors entfielen:

Bei einer Betriebskraft von						
186	kgm	und	4	mm	Lichtbogenlänge	1967
192	„	„	3	„	„	1748
233	„	„	1	„	„	1102
330	„	„	0	„	„	478 (Berührung der Kohlenspitzen)

Normalkerzen Lichtstärke [1]) auf die Pferdekraft (75 kgm).

Wir sehen daraus, dass sich die Betriebskraft mit der Abnahme der Entfernung unter den Kohlenspitzen steigert und dass die Lichtstärke pro Pferdekraft gleichzeitig fällt, der Nutzeffect also damit geringer wird.

---

[1]) Mittlere Lichtstärken, als Product aus der horizontalen Lichtausgabe in 2, d. i. das Mittel aus den nach allen Richtungen gemessenen Lichtstärken, wonach die horizontale Lichtausgabe aus der ganzen Betriebskraft leicht zu bestimmen. Dieselbe beträgt für die erste Reihe $\frac{186}{75.2}$ 1967 = 2439 Normalkerzen.

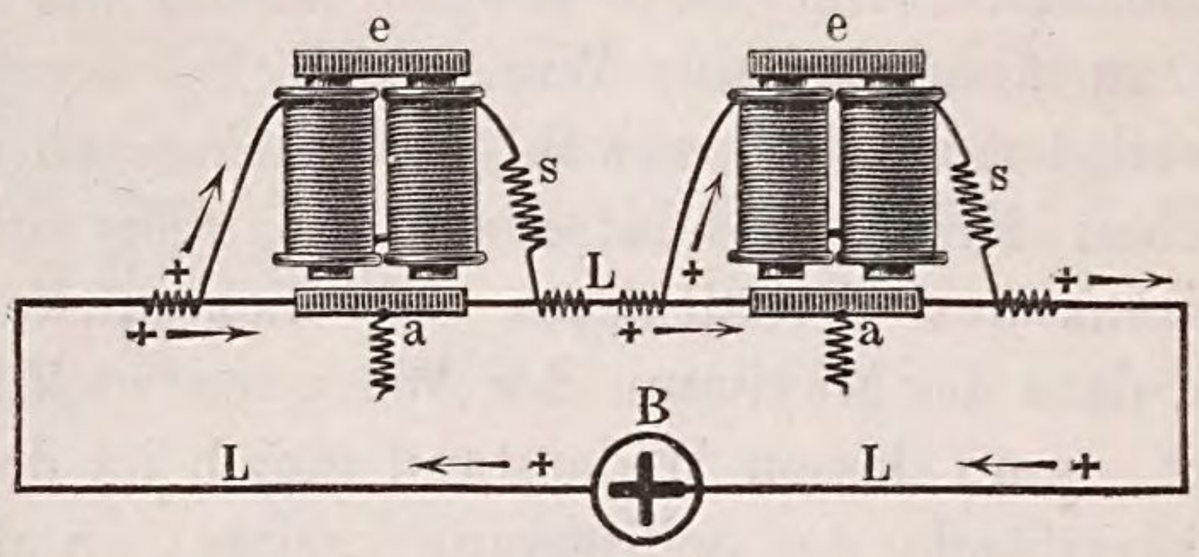
Der grössere Lichtbogen hat den grössern Leitungswiderstand; bei 4 mm Entfernung unter den Kohlenspitzen ist in diesem Falle der elektrische Strom somit am schwächsten, und bei der directen Berührung der Kohlen (0 mm Lichtbogenlänge) am stärksten. Je stärker aber der Strom desto grösser ist der durch die mechanische Kraft zu überwindende Widerstand bei der Drehung des Inductors, weil bekanntlich sowohl die wirksamen magnetischen wie elektrischen Kräfte widerstrebend einander entgegenwirken (S. 41). Betreffs des Verhältnisses der Lichtstärke müssen wir uns erinnern, dass das Maximum der Wärmeentwicklung im Lichtbogen eintritt, wenn dessen Widerstand gleich ist der Summe der sonstigen Widerstände des Schliessungskreises; an die Vergrösserung des Lichtbogenwiderstandes aber eine Erhöhung des Nutzeffects geknüpft ist (§. 3). Aus diesem Grunde beobachten wir bei geringerm Kraftaufwande die grössere Lichtausgabe, welche bei der directen Berührung der Kohlen lediglich aus dem Glühen derselben erfolgt, also bei völliger Abwesenheit des Lichtbogens (Incandescenz-Beleuchtung).

Die Versuche zur Erzeugung des elektrischen Lichts durch Glühwirkungen sind alt. Man bediente sich dazu stets schwer schmelzbarer Metalle, namentlich des Platins in feinen Drähten, in Form kleiner Spiralen, durch welche der elektrische Strom geleitet wurde.

Dass in solcher Anordnung die Theilung des elektrischen Lichts in grösserer Vollkommenheit möglich wäre, wenn nicht durch schnelles Verbrennen in der Weissglühhitze und Abschmelzen des leuchtenden festen Körpers der Zusammenhang im Stromkreise gestört würde, ist klar. Das Abschmelzen des Platindrahts erfolgt zwar erst bei einer Temperatur von 1800° C.; diese und noch höhere Temperaturen werden aber bald erreicht, so dass selbst noch feuerbeständigere Metalle, wie Iridium, welches bei 2000° C. schmilzt, zerstört werden. Es kam deshalb darauf an, gegen solche Unterbrechungen des Stromkreises, womit sämmtliche Glühlichter desselben erlöschen würden, einen wirksamen Schutz zu finden. v. Changy war, wie es scheint, der erste, welcher bereits im Jahre 1858 das Weissglühen kleiner Platindrahtspiralen in Zweigströmen derart anordnete, dass beim Eintritt starker Hitzegrade, durch Ableitung resp. Theilung des elektrischen Stromes, das Abschmelzen der glühenden Spiralen verhindert wurde. Er

bediente sich dazu einer galvanischen Batterie *B* (Fig. 34) mit einer Hauptleitung *L*, deren directe Verbindung durch die Anker *a a* kleiner Elektromagnete *e e* unterhalten wurde, während die

Fig. 34.



Windungen derselben mit den zum Glühen bestimmten Spiralen *s s* als Nebenleitungen in die Hauptleitung *L* in fester Verbindung eingeschaltet waren. Der in Richtung des Pfeiles circulirende positive Strom findet zunächst den Weg durch die Hauptleitung sowohl, wie auch durch die Nebenleitungen frei. In Folge der Stromeswirkung werden aber die Anker *a a* alsbald von den Elektromagneten *e e* angezogen und öffnen den Hauptkreis, so dass die Verbindung nur durch die Nebenleitungen unterhalten wird, durch welche dann der ganze Strom führt. Dabei glühen *s s* stärker, deren Widerstand in Folge gesteigerter Glühwirkung wächst und vor der Grenze der Schmelztemperatur so bedeutend wird, dass die Elektromagnete *e e* ihre Anker *a a* nicht mehr im Anzuge zu halten vermögen, welche durch die Gegenkraft ihrer Spiralfedern abgerissen werden, womit die directe Verbindung des Hauptkreises, also die Stromtheilung resp. die Stromschwächung in der Nebenleitung wieder eintritt. Dadurch vermindert sich die Lichtstärke in *s s*, der Widerstand derselben sinkt mit der Abkühlung und, wie am Anfange, werden die Anker wieder zum Anzug gebracht u. s. w.

Die Veränderung des Widerstandes glühender Platindrähte ist im Specialfalle durch Versuche wie folgt festgestellt:

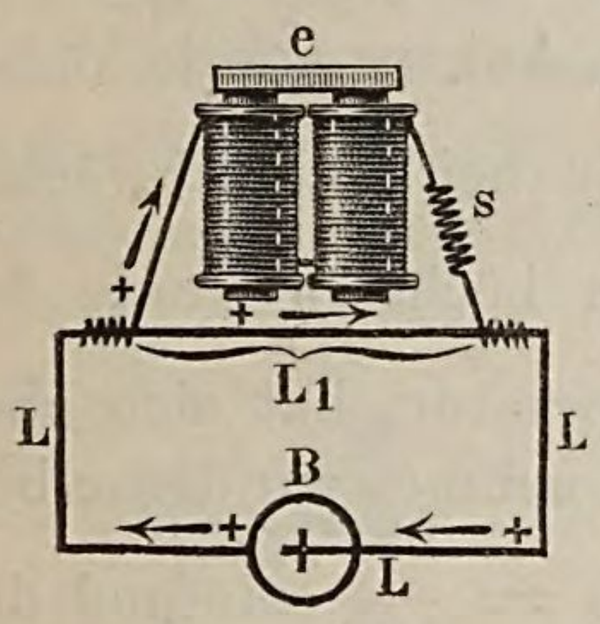
Bei der Temperatur von 21° C. den Widerstand = 1 angenommen, steigerte sich derselbe ungefähr

bei beginnendem Glühen auf . . 2,12
beim Rothglühen 2,37
„ Hellrothglühen 2,55
„ Orangeglühen 2,72
„ Beginn des Weissglühens . . 3,00

während das Abschmelzen erst bei starker Weissgluth eintrat.

Die Widerstände in den Zweigkreisen müssen hiernach so bemessen sein, dass in der Einzelverbindung (Fig. 34 a) der durch e und s circulirende Strom während der Einschaltung L_1 stark genug ist um den Anker anzuziehen, und der durch e und s allein circulirende Strom bei höchster zulässiger Glühwirkung in dem Maasse geschwächt wird, dass der Anker abfällt.

Fig. 34 a.



Nehmen wir den Widerstand des Elektromagneten e zu $10\,S.E$, der Spirale s zu 50, des Leitungstheiles L_1 zu 1 und des andern Theiles L der Hauptleitung, einschliesslich des Batteriewiderstandes, zu $2\,S.E$ an, so ist nach dem Ohm'schen Gesetze (§. 2) und den Gesetzen der Stromverzweigung [1]), wenn die elektromotorische Kraft der Batterie resp. Elektricitätsquelle $= 1$ gesetzt wird, die Stromstärke J im ungetheilten Leiter L

$$= \frac{1}{2 + \frac{60\,.\,1}{60 + 1}} = \frac{1}{2 + \frac{60}{61}} = \text{ppr. } \frac{1}{3},$$

wovon in der Verzweigung entfallen:

auf die Nebenleitung $e/s\ \frac{1}{3} \times \frac{1}{61} = \frac{1}{183}$

„ „ Hauptleitung $L_1\ \frac{1}{3} \times \frac{60}{61} = \frac{60}{183}$

[1]) Wie sich der Widerstand in der Parallelschaltung von Leitern gleichen Widerstandes ändert, haben wir in der Ausführung zu den Figuren 4 bis 4 b erkannt. Sind aber die Widerstände der parallel geschalteten Leiter nicht gleich (Fig. 34 a), sondern hat der eine den Werth W, der andere den Werth W_1, so berechnet sich deren Gesammtwiderstand aus $\frac{W\,.\,W_1}{W + W_1}$, und der aus der ungetheilten Leitung in die parallel geschalteten Zweige eintretende Strom verzweigt sich dann nicht mehr gleichmässig, sondern in umgekehrtem Verhältniss der Zweigwiderstände, ist also am stärksten in dem Zweige des geringern Widerstandes.

Bei der Stromstärke $\frac{1}{183}$ müsste also der Elektromagnet e seinen Anker anziehen und damit den Hauptkreis öffnen. Dann hat der Strom nur den einen Weg durch die Windungen des Elektromagneten und durch die Platinspirale, und seine Stärke J wächst auf $\frac{1}{2 + 60} = \frac{1}{62}$, wobei die Platinspirale glüht, deren Widerstand mit dem Grad des Glühens in den angegebenen Verhältnissen steigt. Er beträgt danach beim Beginn des Weissglühens bereits $50 \times 3 = 150\, S.E$, wobei die Stromstärke $J = \frac{1}{2 + 160} = \frac{1}{162}$. Das Abfallen des Ankers würde dabei indess nicht eintreten können, weil derselbe bei noch schwächerem Strom $\left(\frac{1}{183}\right)$ angezogen wird. Beim höchsten Grade des Weissglühens, vor Eintritt der Schmelztemperatur, hat sich aber der Spiralwiderstand noch weiter gesteigert; nehmen wir denselben zu $180\, S.E$ [1]) an, so würde $J = \frac{1}{2 + 190} = \frac{1}{192}$ sein und der Anker a müsste abfallen, wenn seine Gegenkraft innerhalb der Grenzen dieser Stromstärken regulirt wäre. Bei passender Spannung der Feder des Ankers würde das System exact functioniren, und nach Maassgabe der Stärke der Batterie B könnte eine beliebige Zahl von Glühlichtern damit unterhalten werden. Allerdings wären grössere oder geringere Schwankungen in den Lichtstärken auch hier unvermeidlich, weil die Stromstärken sich in dem mehrere Glühlichter enthaltenden Kreise fortwährend verändern würden.

Wirklich befriedigende Resultate wird man daher mit diesem System resp. mit der Beleuchtung durch glühende Drähte nicht erreichen und um so weniger, als dabei störende Nebenwirkungen zu erwarten sind, die Gesetze des Glühens auf einfache Principien nicht zurückzuführen sein werden, sofern sich mit der Temperatur sowohl der Widerstand des Leiters wie auch die Wärmeabgabe in unbekanntem Verhältniss ändert, und weil durch die Theilung des Stromes gerade in dem Moment, wo die verstärkte Weiss-

---

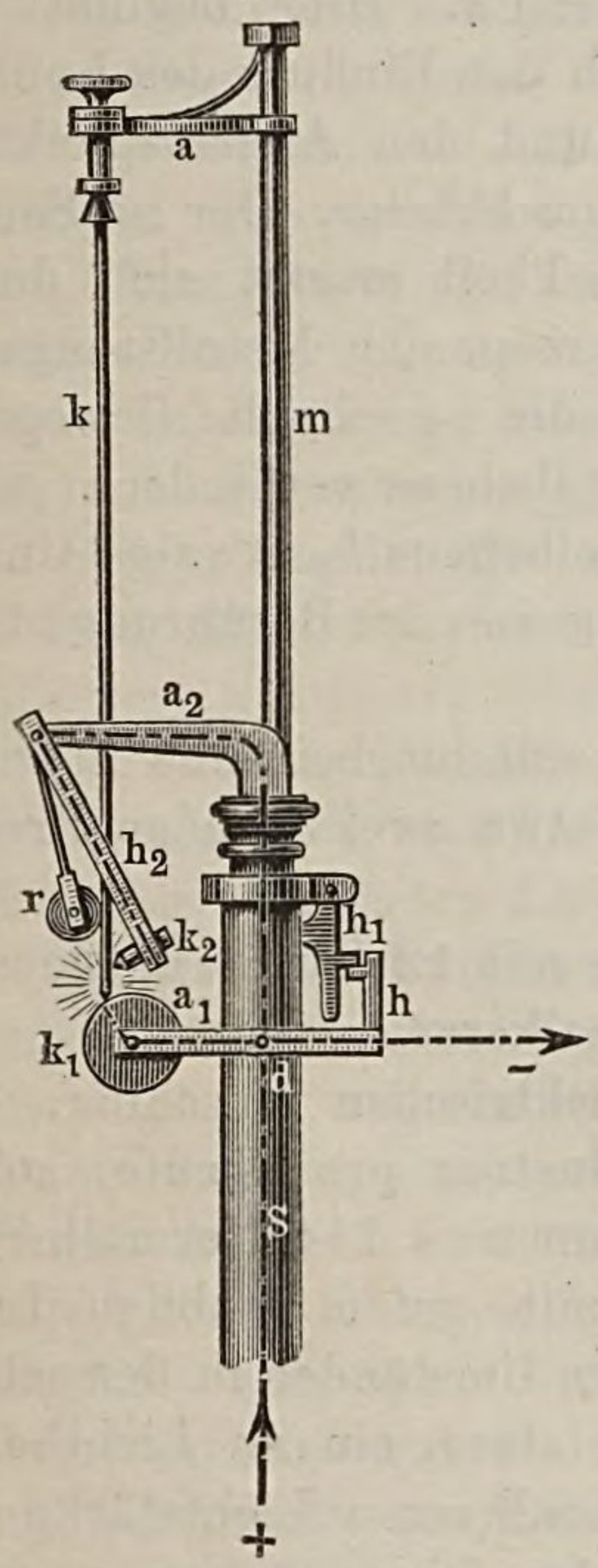
[1]) Einschliesslich des durch die Erwärmung vergrösserten Werthes der sonstigen Widerstände des Kreises.

gluth das kräftigste Licht auszugeben verspricht, die Wirkung abgeschwächt wird.

Auch alle andern Methoden in Anwendung von Regulatoren zur Abwendung des Schmelzens der Spiralen haben sich praktisch nicht bewährt.

Die Anwendung von Kohlenstäbchen in Stelle der Metalldrähte lässt die plötzliche Zerstörung des glühenden Stoffes weniger befürchten, so dass es hierbei besonderer, zu anderweiten Störungen führender Vorsichtsmaassregeln nicht bedarf. Aus dem Eingangs dieses Paragraphen mitgetheilten Versuche, sind wir aber im Stande mit Sicherheit zu erkennen, was im Allgemeinen vom Glühlicht zu erwarten ist. Danach ist geringe Lichtausgabe und grosser Arbeitsaufwand mit der Incandescenz-Beleuchtung nothwendig verknüpft. Jedenfalls ist aber die feuerbeständige Kohle, deren Widerstand sich, zur Verstärkung der Wirkung, durch die Wahl möglichst dünner Stäbe erhöhen lässt, das geeignetste Material zur Bildung des Glühlichts.

Fig. 35.



Figur 35 zeigt eine der bessern Constructionen, die neueste Reynier'sche Lampe zur Incandescenz-Beleuchtung.

An die hohle Metallsäule S schliesst ein einfacher Fuss an, auf welchem das Ganze ruht. Innerhalb dieser Säule gleitet zwischen kleinen Leitrollen die Metallstange m, welche in einem Ansatze a das 2 mm starke Kohlenstäbchen k trägt. Dasselbe ruht auf dem Umfange einer im Bügel a_1 drehbaren Kohlenscheibe k_1 in geringer Verstellung gegen deren Drehpunkt, so dass k_1 durch den von k ausgeübten Druck gedreht wird. Der Bügel a_1 selbst ist in d mit der Säule S drehbar verbunden und endet in einem Ansatz h, welcher bei genügendem Druck auf k_1 so stark

gegen den kleinen Hebel h_1 drückt, dass der in die Säule S hineinragende Ansatz desselben gegen die gleitende Stange m presst und deren Sinken hemmt, womit wiederum der Druck des Kohlenstäbchens k auf die Scheibe k_1 vermindert wird.

Das Kohlenstäbchen führt durch einen gabelartigen Arm a_2 der Säule S und ist seitlich unterstützt durch zwei mit a_2 drehbar verbundene Hebel, von denen h_2, mittelst eingespannten Kohlenstücks k_2, durch sein Gewicht gegen k leicht drückt, während der andere mittelst Kupferscheibchens r durch Federwirkung von der entgegengesetzten Seite k berührt.

Wie die punktirten Linien andeuten, führt der elektrische Strom der Batterie resp. dynamo-elektrischen Maschine durch die Säule S über a_2, h_2 k_2, durch die Spitze des Kohlenstäbchens k, das Kohlenscheibchen k_1 und dessen Metallhalter nach der Elektricitätsquelle zurück. Der grösste Widerstand auf diesem Wege liegt in der Spitze des Kohlenstäbchens k. Hier beginnt das Glühen, welches erfahrungsmässig durch den Einfluss des Kohlenstücks k_2 auf die Länge zwischen k_1 und den Angriffspunkt k_2 beschränkt wird, welche etwa 5 bis 6 mm beträgt. Der im Sauerstoff der Luft verbrennende glühende Theil ersetzt sich durch das Nachsinken des Kohlenstäbchens resp. der Metallstange m, wobei die reibenden Theile $r\,k_2$ und h_1 die zu schnelle Bewegung und damit das Zerbrechen des Kohlenstäbchens verhindern, während durch die Drehung des Kohlenscheibchens k_1 etwaige Unreinigkeiten, Schlacken- und Aschenbildung von der Berührungsstelle entfernt gehalten werden.

Feste, genügend elastische Kohle soll hierbei ohne Störung verbrennen und in Längen von 30 cm etwa zwei Stunden Brennzeit haben.

Fontaine hat die in dieser Lampe mit 12 Bunsen-Elementen erzeugte Lichtstärke auf 150 Normalkerzen geschätzt.

Bei Anwendung einer dynamo-elektrischen Maschine, unter 900 bis 930 Umdrehungen des Inductors pro Minute, sollen in der Hintereinanderschaltung 5 Lampen à 114 Normalkerzen und 10 Lampen à 38 Normalkerzen mit gutem stabilen Licht gebrannt haben; während unter gleichen Umständen in demselben Schliessungskreise, mittelst guten Regulators, ein im Lichtbogen brennendes Einzellicht von 2400 Normalkerzen Lichtstärke erzielt sein soll, wobei das Verhältniss der Stromstärken zu resp.

1 : 0,6 : 0,84 angegeben wird. In der Berührung der Kohlenscheibe k_1 verbrennt das Stäbchen k mit Spitzenbildung; es ist daher anzunehmen, dass nicht der ganze glühende Theil zwischen $k_1 k_2$ gleichzeitig verbrennt, sondern der vollständige Verbrauch immer nur die äusserste Spitze trifft, und somit gewissermaassen ein continuirliches Nachsinken des Kohlenstäbchens stattfindet. Jedenfalls ist die Widerstandsveränderung im Glühlicht daraus nur sehr gering und deshalb erklärlich, dass dasselbe ruhiger brennt, als der Lichtbogen. Wie aber auch diese Versuche zeigen, ist der Kostenaufwand zur Erzeugung des Glühlichts gegenüber dem im Bogen brennenden elektrischen Licht nicht unbedeutend; auch der Verbrauch der für die Reynier'sche Lampe geeigneten, verhältnissmässig theuern Kohle fällt dabei ins Gewicht. Diesen Verbrauch einzuschränken, hat man in verschiedener Weise versucht, das Glühlicht im luftleeren Raum zu erzeugen, meist aber deshalb ohne befriedigenden Erfolg, weil es sehr schwierig ist, die Luftleere in einfachen Constructionen dauernd zu erhalten und das Verdampfen der Kohle abzuwenden, welches den nothwendigen Glasverschluss mit der Zeit dadurch trübt, dass sich die im Dampf fein vertheilte Kohle darauf niederschlägt. Neuere Arrangements zeigen darin allerdings bedeutenden Fortschritt, woraus zu erwarten, dass damit eine gute praktische, aber verhältnissmässig schwache Beleuchtung gelingen werde.

Sofern aus der Grösse der Anstrengungen zur Verbesserung der Incandescenz-Beleuchtung auf das praktische Bedürfniss zu schliessen, würde ein solches allerdings anzuerkennen sein. Auch lässt sich nicht in Abrede stellen, dass die rationelle Beleuchtung der Bildung mehrerer kleiner Lichter den Vorzug giebt vor dem starken concentrirten Licht. Der Umstand, dass die Lichtstärke im Quadrat der Entfernung vom leuchtenden Punkt abnimmt, sichert den zweckmässig vertheilten kleinern Flammen einen guten Erfolg, weil damit die einzelnen Theile des Raumes unter dem Einfluss schattenwerfender Gegenstände besser beleuchtet werden, als durch eine einzige der Summe der kleinern Flammen entsprechende Lichtquelle, wobei auch nicht unberücksichtigt zu lassen ist, dass unter Umständen der grössere Glanz des Einzellichts störender auf das Auge wirkt. Wie weit aber die Theilung des Lichts zur Erzielung der besten Wirkung zu erfolgen hat, würde sich nur für den speciellen Fall beurtheilen lassen,

ebenso ob es zweckmässiger ist, das getheilte Licht in Form des Lichtbogens oder durch Glühwirkuug zu erzeugen, wobei der Kostenaufwand eine maassgebende Rolle spielen dürfte, sofern es sich dabei um die allgemeinere Anwendung der betreffenden Beleuchtungsart handelt.

Die Gastechnik macht in neuer Zeit bedeutende Anstrengungen um die Beleuchtung zu verbessern, noch grössere Regsamkeit zeigt sich aber in der Vervollkommnung des elektrischen Lichts. Beide Bestrebungen sind selbstverständlich auch auf den Kostenpunkt gerichtet. Wenn auf dem bereits eingeschlagenen Wege, die Elektricität im Grossen zu erzeugen und den Consumenten in ähnlicher Weise von einem Centralpunkt zuzuführen, wie das Gas, wesentlich weitere Vortheile betreffs der billigen Beschaffung der Elektricität erzielt sein werden, dann ist zu erwarten, dass man auch für den kleineren Bedarf die Einführung der elektrischen Beleuchtung ernstlich in Erwägung nehmen werde, und damit erst würde der Frage, ob dem Lichtbogen oder dem Glühlicht resp. dem combinirten Licht der Vorzug einzuräumen, die praktische Lösung bevorstehen. Besonderer Vorliebe in Anwendung der Elektricität begegnet man in Frankreich, England, namentlich aber in Amerika. Von dort werden sich deshalb auch voraussichtlich die praktischen Wege für die elektrische Beleuchtung öffnen. Aus diesen Gründen richten sich die Augen, und nicht mit Unrecht, betreffs der Entwicklung dieses Zweiges auch mehr dahin, als auf Deutschland, welches sich bisher überhaupt den praktischen Anwendungen der Elektricität gegenüber weit kühler verhalten hat.

§. 14.

Kosten der elektrischen Beleuchtung.

Für die allgemeinere Anwendung des elektrischen Lichtes ist der Kostenpunkt selbstverständlich von grosser Bedeutung. Die Angaben darüber gehen ungemein weit auseinander. Da das Licht durch Elektricität gebildet wird, so kommen zunächst die Kosten für dieses Agens in Betracht, welches die zur Unterhaltung des Lichtes erforderliche Wärme liefert. Wir haben uns aus den

dieserhalb mehrfach stattgehabten Betrachtungen überzeugt, dass es mittelst der dynamo-elektrischen Maschine möglich ist, die Elektricität um 96 Proc. billiger zu erzeugen, als mit galvanischen Batterien. Dieses günstige Resultat verschaffte dem elektrischen Licht weitern Eingang in die Praxis. Bei Anwendung von Dampfmotoren zum Betriebe der dynamo-elektrischen Maschine ist der Kohlen-, bei Anwendung von Gaskraftmaschinen der Gasverbrauch zu berücksichtigen. Grosse Dampfmaschinen mit vollkommenster Einrichtung sichern den grössten Vortheil. Aus einem Kilogramm Kohle wird dabei nahe ebensoviel Wärme zur Elektricitätsbildung nutzbar, wie aus einem Kilogramm in der Bunsen'schen Batterie zur Strombildung verbrauchtes Zink. Wenn aber Naturkräfte (Wasser, Wind) zum Betriebe der dynamo-elektrischen Maschine direct zur Verwendung gelangen können, so fallen selbstverständlich auch die Kosten für das Verbrauchsmaterial aus. In jedem Falle vermindert sich übrigens der Kostenaufwand mit der Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Kräfte, also auch mit der Dauer des Betriebes.

Die volle Ausnutzung grosser Dampfmaschinen, lediglich zum Betriebe dynamo-elektrischer Maschinen, ist nur da zu erwarten, wo es sich um eine sehr ausgedehnte Anwendung des elektrischen Lichtes in regelmässiger Unterhaltung handelt, wie in der öffentlichen Strassenbeleuchtung, in der Beleuchtung ausgedehnter Fabriken mit Nachtbetrieb etc. oder wo die Elektricität auch für andere gewerbliche Zwecke in genügendem Umfange dauernd zu liefern ist, in ähnlicher Weise, wie die Gasanstalten in der Zuführung von Gas, öffentliche Wasserversorgungsanstalten in der Abgabe des Wassers grösseren Bedarf decken.

Sofern, wie anzunehmen, die Elektricität bestimmt ist, ebenso wie Gas und Wasser, allgemeineren Interessen zu dienen, sei es in Bildung von Licht oder Wärme oder in der Umwandlung zu mechanischer Arbeit etc., würden die Kosten aus den vollkommensten Einrichtungen herzuleiten sein und sich weit niedriger stellen, als bei gelegentlichen und versuchsweisen Anwendungen. Bislang liegen aber nur die Resultate aus dem Versuchsgebrauche vor, meist in Benutzung disponibler oder getheilter Kraft aus anderweitem Dampfmaschinenbetriebe, aus der Anwendung kleinerer Maschinen bei ungünstigem Kohlenverbrauch

BAYERISCHE STAATS BIBLIOTHEK MÜNCHEN

oder Gaskraftmaschinen und endlich aus mehr oder weniger unvollkommener Einrichtung zur directen Benutzung des Wassers.

In einzelnen Fällen ist allerdings der Gesammtapparat in vollkommener Einrichtung selbständig hergestellt; aber doch stets mit Rücksicht auf den Einzelbedarf innerhalb der Grenze desselben. Noch grösseren Verschiedenheiten begegnet man in der Dauer der täglichen und jährlichen Benutzung der elektrischen Beleuchtung, sowie in der Herstellung der Schliessungskreise, dem Widerstandsverhältniss derselben, in Art und Behandlung der Maschinen und Lampen, in Bildung und Unterhaltung des Lichts, in der Beschaffenheit der brennenden Kohlen, der Art der Lichtausgabe, der Lage des Lichts zu den beleuchteten Flächen u. s. w.

Da uns bekannt ist, in welchem Grade die elektrische Beleuchtung von solchen Verschiedenheiten beeinflusst wird, so darf es uns nicht wundern, wenn aus den mehr oder weniger günstigen Arrangements die Kostenangaben erheblich variiren, welche übrigens theils in unbestimmten Vergleichen mit der Gasbeleuchtung auftreten, theils auf Lichtstärken oder gar Lichteinheiten in unsicherer Messung begründet sind. Meist haben wir es dabei mit mehr oder weniger erzwungenen Paradezahlen zu thun. Die Verhältnisse im Lichtkreise sind, wie wir wissen, sehr empfindlich; und bei etwas geschicktem Eingriff lassen sich die Resultate für gewisse Beobachtungen in ziemlich weiten Grenzen verschieben.

Hiernach dürfte es ein müssiges Beginnen sein, den verschiedenen Angaben über die Kosten der elektrischen Beleuchtung in den einzelnen Fällen des Privatgebrauchs zu folgen. Die dabei gewonnenen Zahlen haben in der Regel nicht nur wenig Werth, sondern sind sogar eher geeignet zu verwirren, als aufzuklären.

Dennoch bedarf es auch dafür eines gewissen, zum Theil im §. 12, S. 87 bereits gelieferten Anhalts. Wir wählen dazu aber nur solche Fälle, welche den aus unseren Betrachtungen gewonnenen freien Blick möglichst wenig einschränken.

In einem von Gastechnikern redigirten Blatte [1]) findet sich folgende Specification der Kosten für die elektrische Beleuchtung einer 850 m langen und 120 m breiten öffentlichen Promenade mittelst sechs grosser Siemens'scher, 17 m über dem Boden angebrachter Differential-Lampen (Abschn. 2) für Wechselstrom-

---

[1]) Journal für Gasbeleuchtung 1880, Nr. 11.

betrieb, wobei die Dampfmaschinen, welche sechs Lichtmaschinen trieben, 120 m seitlich der Promenade aufgestellt waren.

Zwei 16 pferdige Dampfmaschinen mit Kessel	11 960 Mk.
Transmission	1 040 „
Verkleidung	260 „
7 Siemens'sche complete Lichtmaschinen (1 Reserve)	16 000 „
7 Siemens'sche Lampen und 6 Laternen . .	2 860 „
Zubehör	1 440 „
8043 m Leitungsdraht	11 120 „
Lampenständer etc.	800 „
Maschinenhaus	4 000 „
Fundation	1 200 „
Gas- und Wassereinrichtung	180 „
Instrumente und Werkzeuge	440 „
Gerüste etc.	600 „
Aufstellung und Diversa	4 000 „
Summa	55 900 Mk.

Hiernach entfallen pro Lampe 9300 Mk. Die Lampen brannten jährlich 240 Nächte durch 5 Stunden pro Nacht, also 1200 Stunden (Lichtstärkenangabe fehlt). Und die Beleuchtungskosten berechnen sich pro Brennstunde:

aus Zinsen und Amortisation des Anlagecapitals zu	35 Pf.
„ Unterhaltung und Betrieb der Dampfmaschinen-Anlage zu	77 „
„ Betrieb und Unterhaltung der Lichtmaschinen, Leitungen und Lampen zu	70 „
„ dem Verbrauch an Kohlenstäben[1]) zu . . .	23 „
Summa	205 Pf.

Siemens in London berechnet für Unterhaltung einer Beleuchtung von 6000 Normalkerzen Lichtstärke pro Stunde bei Anwendung von Dampfkraft

für Wechselstrommaschinen	212 Pf.

[1]) 50 bis 80 mm Kohlenverbrauch pro Flamme und Stunde ist allgemeine Annahme für Lichtstärken von 300 bis 6000 Normalkerzen (S. 70).

bei Anwendung von Dampfkraft
für Maschinen mit continuirlichem Strom . . . . 40 Pf.
bei Anwendung von Gaskraftmaschinen
für Wechselstrombetrieb . . . . . 264 „
für Maschinen mit continuirlichem Strom . . . 64 „
und für gleich starke Gasbeleuchtung, vorausgesetzt,
dass 100 Sugg'sche Brenner 0,65 cbm Gas consumiren . . . . . 493 „

Betreffs der Beleuchtung mittelst Jablochkoff'scher Kerzen, bei 6 und 20 Kerzen im Kreise werden bezeichnet
als Kosten der Anlage pro Kerze resp. 3666 und 2000 Mk.
„ Betriebskosten pro Kerze und Stunde, bei 1000 bis 1200 Brennstunden, resp. 120 und 69 Pf.

Als Thatsache wird aber berichtet [1]), dass die Gesellschaft zur Beleuchtung des Opernplatzes in Paris mit Jablochkoff'schen Kerzen 40 Pf. pro Kerze und Stunde gefordert, der Gemeinderath indess nur 24 Pf. [2]) bewilligt hat, wofür die Gesellschaft auch die gesammte Anlage ohne weitere Entschädigung stellt.

Im Weiteren ist bemerkenswerth, dass bei grösseren Versuchen zur elektrischen Beleuchtung der Strassen Londons auf die Dauer eines Jahres (bis 1. Februar 1882) concurriren:

die Anglo-American Elektric Light Company (System Brush) mit 32 Lampen, als Ersatz für 150 Gasflammen, gegen 13 200 Mk. Unterhaltungskosten und 15 000 Mk. einmalige Entschädigung für Aufstellung und Entfernung der Apparate,

die Elektric and Magnetic Company [3]) (System Jablochkoff) mit 52 Lampen, als Ersatz für 161

---

[1]) Journal für Gasbeleuchtung pro 1880, Nr. 24.

[2]) Im Jahre 1878 kostete die Jablochkoff'sche Kerze 60 Pf., jetzt zahlt man dafür nur noch 25,5 Pf.

[3]) Nachträglich zu Gunsten der Electric-Lighting and Power Generator-Company (System Lontin) zurückgetreten, welche die Beleuchtung unter gleichen Bedingungen übernimmt.

Die Beleuchtung nach den Systemen Siemens und Brush hat am 1. April 1881 begonnen. Wir können darüber mittheilen, dass der Eindruck auf die Menge des an der Eröffnung Theil nehmenden Publicums günstig war und beiden Methoden die Ueberlegenheit gegen die Gasbeleuchtung zuerkannt wurde.

Gasflammen, gegen 31 600 Mk. Unterhaltungskosten und 27 000 Mk. einmalige Entschädigung etc.,

die Gebrüder Siemens in London (Siemens Differentiallampe mit Wechselstrombetrieb) mit 32 Lampen, als Ersatz für 138 Gasflammen, gegen 45 400 Mk. Unterhaltungskosten und 29 000 Mk. einmalige Entschädigung etc.

Werden für diese Beleuchtung 3500 Brennstunden pro Jahr angenommen, so stellen sich die bewilligten Unterhaltungskosten pro Lampe und Stunde

beim	Brush-System auf	0,12 Mark
„	Jablochkoff'schen System auf . . .	0,17 „
bei	Siemens Differentiallampe auf . . .	0,41 „

und die Installationskosten etc. pro Lampe und Stunde

Siemens unterhält 6 Lichter, jedes von 3000 Normalkerzen Lichtstärke, in ppr. 24 m Höhe, mit Reflectoren versehen, zur Beleuchtung von Plätzen resp. erweiterten Strassenzügen mit continuirlichem Strom und 28 Lichter von je 300 Normalkerzen Stärke, in ppr. 6 m Höhe, mit Wechselströmen. Erstere werden durch je eine dynamo-elektrische Maschine (§. 4) gespeist, letztere durch 2 Wechselstrommaschinen (§. 11) mit je 2 Kreisen, à 7 Lampen (§. 17). Die Kohlen sind verkupfert und haben eine Brennzeit von 18 Stunden. 2 Dampfmaschinen von je 10 Pferdekräften treiben jede 3 dynamo-elektrische und 1 Wechselstrommaschine, während eine dritte gleiche Dampfmaschine als Reserve aufgestellt ist.

Die Leitungen sind in Kabelform mit Eisenbespinnung unterirdisch in Eisenröhren geführt. Der Widerstand des längsten Kabels (2400 m) beträgt nicht über 1 *S. E.*

Brush führt 32 Lichter, in ppr. 5 m Höhe, mit continuirlichem Strom. Die Lampen (§. 8) führen doppelte Kohlen, deren Brennzeit 16 Stunden beträgt. Die Glasbedeckung ist theils matt, theils klar. Zum Betriebe sämmtlicher in demselben Kreise liegenden Lampen dient eine Brush-Maschine (Abschn. 2), die sogenannte 40-Lichtmaschine, welche mit 720 Touren pro Minute durch eine Dampfmaschine von 32 Pferdekräften getrieben wird. Die Leitung (6000 m) besteht aus 6 Kupferdrähten von je 1,6 mm Stärke, zu einer Litze gewunden, welche mit Guttapercha isolirt und darauf mit getheertem Hanf bewickelt ist; sie hat einen Gesammtwiderstand von ppr. 7,5 *S. E.* und führt unter der Erde in eisernen Röhren.

Die Einrichtung von Brush ist ausserordentlich einfach, entsprechend dem bedeutend geringeren Kostenaufwand gegenüber dem Siemens'schen Arrangement.

auf resp. 0,13, 0,14 und 0,26 Mark, wonach die Gesammtkosten resp. **0,25**, **0,31** und **0,67** Mark betragen.

Dass für weniger umfangreiche Anwendungen höhere Ausgaben zu leisten sind, haben wir bereits hervorgehoben. Wirkliche pecuniäre Vortheile verspricht die elektrische Beleuchtung unter den dermaligen Verhältnissen mit Sicherheit beim System Brush und in allen denjenigen Fällen, in denen in ähnlicher Anordnung eine grössere Anzahl von Lichtern im Kreise des continuirlichen Stromes unterhalten werden, sowie überall da, wo disponible Dampfkraft den Betrieb der dynamo-elektrischen Maschine übernehmen kann, oder wo derselbe durch Naturkräfte geleistet wird; während bei anderen Arrangements, wo es sich um den Ersatz einer grösseren Zahl von Gasflammen in sachgemässer Anordnung handelt, als sicher angenommen werden darf, dass die aufzuwendenden Kosten die der Gasbeleuchtung nicht überschreiten, die Beleuchtung aber wesentlich verbessert wird. Ob in dieser Richtung ein Bedürfniss anzuerkennen, darüber sind die Meinungen getheilt; indess kann es nicht zweifelhaft sein, dass man sich schliesslich, selbst wenn weitere Vorzüge nicht zu erwarten wären, für die bessere Leistung entscheiden wird, sofern nicht etwa andere Bedenken geltend zu machen sind.

Nachdem wir schon früher die Vorzüge des elektrischen Lichts gegenüber der Gasbeleuchtung hervorgehoben resp. Vergleiche zwischen beiden Beleuchtungsmethoden angestellt haben, würde an dieser Stelle nur noch anzuführen sein, dass das elektrische Licht von mehreren Seiten als ein zu grelles, die Augen zu stark angreifendes Licht bezeichnet, im Weiteren aber für dasselbe eine grössere Unsicherheit als für die Gasbeleuchtung unterstellt wird. Was den ersten Punkt betrifft, so lehrt die Erfahrung, dass sich das Auge an die intensivere resp. bessere Beleuchtung bald gewöhnt, wenn man sich nicht wechselnd zwischen elektrischem und Gaslicht bewegt, dass scharfe Reflexe leicht vermieden werden können, und dass schon nach einigen Tagen des Gebrauchs der Blick in den Lichtbogen selbst nicht mehr gerichtet wird, ebenso wie man kein besonderes Verlangen trägt, die Sonnenscheibe mit unbeschützten Augen zu betrachten. Das Sonnenlicht hat den höchsten Glanz. Wer wäre davon nicht erfreut. Und wenn dieses von der Natur gebotene, intensivste Licht in der elektrischen Beleuchtung zu begrüssen, wer möchte

dann ernstliche Bedenken über dessen Wirkung aufrecht zu erhalten im Stande sein.

Betreffs der Unsicherheit der elektrischen Beleuchtung ist beim dermaligen Stande besondere Vorsicht für das Urtheil geboten. Dass neue Einrichtungen kurzer Dauer, welche sich nur in der Praxis prüfen und durch die Praxis verbessern lassen, nicht diejenige Sicherheit bieten können, wie eine durch ausgedehnte Erfahrungen ausgebildete Methode, ist selbstverständlich. Dazu kommt, dass bei der Neuheit der Sache auch mangelhafte Anordnungen für die Versuche unterlaufen und durch mangelhafte Behandlung Misserfolge herbeigeführt werden.

Nach einem an den Gemeinderath von Paris gerichteten gemeinschaftlichen Bericht der Ingenieure der städtischen Gasanstalten und der Gesellschaft für elektrische Beleuchtung, über ausgedehnte Beleuchtung öffentlicher Plätze und grosser geschlossener Räume für den Zeitraum eines Jahres, sind daher auch die stattgehabten Versuche mit grossen Gramme'schen Maschinen (Absch. 2) zu 20 Pferdekraft, welche je 16 Jablochkoff'sche Kerzen in demselben Kreise unterhielten, zu Gunsten der Gasbeleuchtung ausgefallen. Es wird darin unter Anderm bemerkt, dass während $4^1/_2$ Monaten 60 Unterbrechungen, 1 bis 45 Minuten dauernd, vorgekommen, dass gewöhnlich 4, in einzelnen Fällen aber auch 14 bis 16 Kerzen verlöschten, die Ursache davon Beschädigung der Maschinen, Störung in den Drähten und versagender automatischer Ersatz der Kerzen waren. Im Allgemeinen hat man sich dahin ausgesprochen, dass die mit dem Jablochkoff'schen System erzielten Erfolge schon sehr erheblich seien, das elektrische Licht aber noch ganz wesentlich vervollkommnet werden müsse, um die ihm gebührende Stelle im öffentlichen Beleuchtungswesen endgültig einzunehmen, was von Zeit und Erfahrung zu erhoffen sei.

Es handelt sich hierhei also nur um die Jablochkoff'sche Beleuchtung. Dass die Versuche damit im öffentlichen Dienst der Stadt Paris, unter Erneuerung des Vertrages, fortgesetzt werden und, wie bereits bemerkt, auch für London in Aussicht genommen sind, dürfte genügender Beweis dafür sein, dass man die vorgekommenen Unregelmässigkeiten nicht so erheblich und durchschlagend genug erachtet hat, um die sonstigen Vortheile der elektrischen Beleuchtung, selbst nach dem System Jablochkoff, aufzugeben. Und wenn schon die Beleuchtung nach dieser

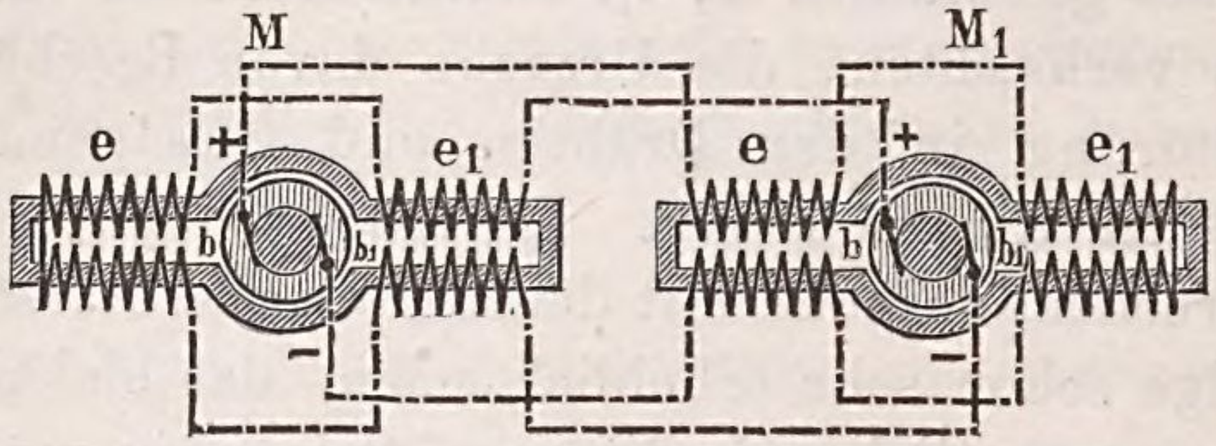
zur Zeit noch mit einem offenbaren Mangel (§. 9) behafteten Methode im Allgemeinen befriedigt, so darf dies um so mehr von den vollkommneren Lampenconstructionen erwartet werden. Die Verhältnisse liegen thatsächlich jetzt schon so, dass durch zweckmässiges Arrangement etwaige Versager auf die einzelne Stelle beschränkt bleiben, bei Unterhaltung mehrerer Lichter Verlegenheiten für die Gesammtbeleuchtung nicht zu befürchten sind.

§. 15.

Verbindung mehrerer Maschinen in demselben Kreise.

Zur Erzeugung stärkerer Ströme als die einfache dynamo-elektrische Maschine liefert, verbindet Siemens zwei und mehrere derselben zu einem gemeinschaftlichen Stromkreise in kettenförmiger Wirkung der in der einen Maschine inducirten Ströme auf Erregung der Elektromagnete der andern und nennt diese Combination dynamo-elektrische Kette. Wir präsentiren eine derartige Verbindung zweier Maschinen M und M_1 in Fig. 36

Fig. 36.

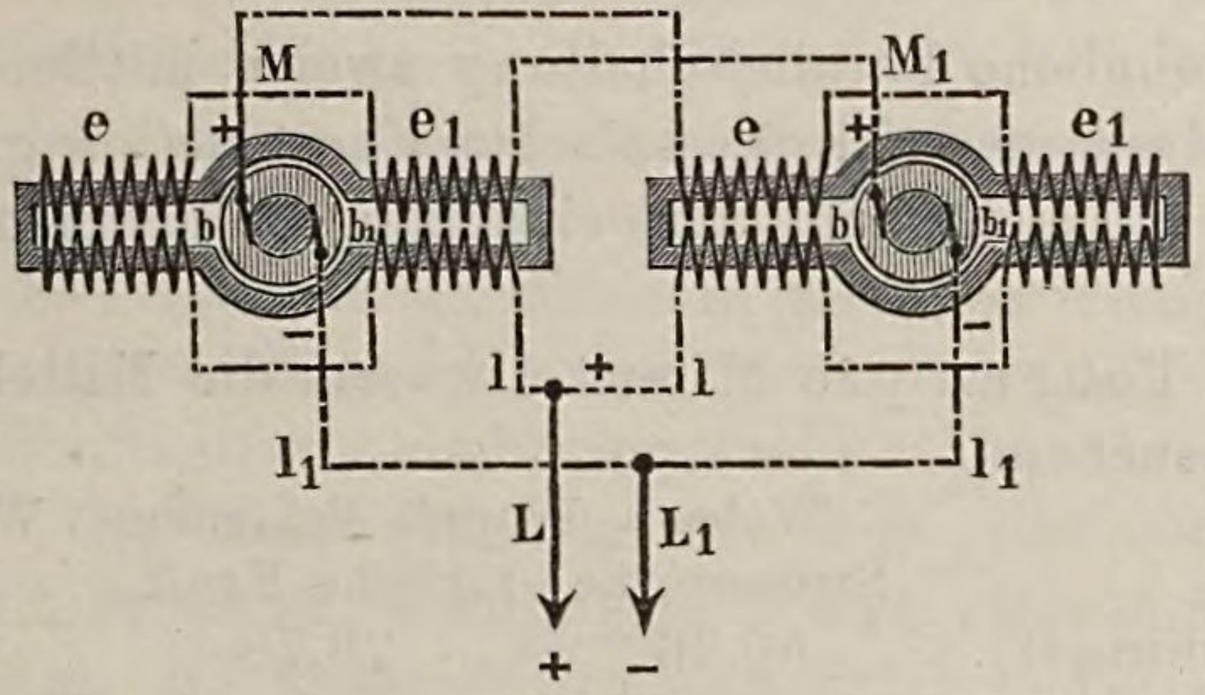


Der vom Inductor der Maschine M ausgehende Strom magnetisirt, wie leicht zu verfolgen, die Elektromagnete $e\ e_1$ der Maschine M_1 und der Inductionsstrom derselben die Elektromagnete $e_1\ e$ von M. Bei Verbindung mehrerer Maschinen bilden M und M_1 die Endglieder, während sich alle übrigen in der Schaltung des Inductors M mit den Elektromagneten M_1 einreihen.

Praktischen Werth erhält diese Verbindung selbstverständlich erst im Anschluss an eine äussere Leitung (Fig. 36a). Die von den Bürsten b beider Maschinen ausgehenden positiven Ströme treten, nachdem dieselben die Elektromagnetwindungen der Nachbar-

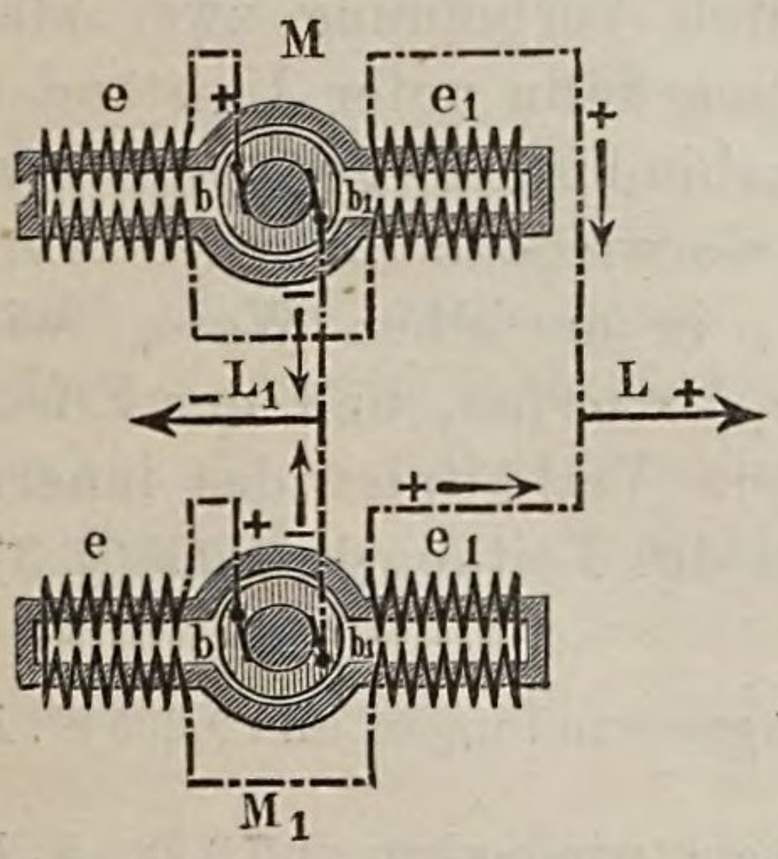
maschine durchlaufen, vereint in den Zweig L des äussern Stromkreises, während die negativen Ströme direct aus den Bürsten b_1 an den gemeinschaftlichen Zweig L_1 dieses Kreises geführt sind. Die in beiden Maschinen erzeugten Ströme fliessen also als vereinter, verstärkter Strom in die äussere Leitung. In ähnlicher Weise

Fig. 36 a.



kann man unter beliebiger Zahl dynamo-elektrischer Maschinen ganz verschieden combiniren. Ob diese Einrichtungen praktische Anwendung bereits gefunden haben und mit welchem Erfolge, ist uns nicht bekannt geworden. Es ist aber ohne Weiteres nicht abzusehen, aus welchem Grunde die gewöhnliche Parallelschaltung zweier Maschinen (Fig. 36 b) nicht denselben Effect haben sollte, wie die Verbindung zur Kette in Fig. 36 a. Dass dabei in jeder Maschine gleiche elektromotorische Kräfte herrschen, ist ebenso Bedingung wie für die Parallelverbindung galvanischer Elemente (§. 3), wenn eben nicht ein Theil des inducirten Stromes innerhalb des durch die Windungen der Maschine gebildeten kurzen Kreises durch gegenseitige Abschwächung aufgehoben werden soll. Zur Erzeugung gleicher Kräfte in den einzelnen gleich construirten Maschinen ist unter sonst gleichen Umständen die Uebereinstimmung der Drehungsgeschwindigkeit erforderlich; und dieser Bedingung lässt sich am

Fig. 36 b.



besten dadurch entsprechen, dass die Inductoren der verbundenen Maschinen auf gemeinschaftlicher Achse rotiren, obgleich der Zweck auch dadurch, aus den uns bekannten Gründen, vollkommen nicht zu erreichen sein wird. Dass magnet-elektrische Maschinen, in denen Magnetismus und elektromotorische Kraft unabhängig vom Lichtkreise, im Allgemeinen bessere Erfolge erwarten lassen, ist zweifellos.

Die gewöhnliche Parallelschaltung zweier mittleren dynamo-elektrischen Maschinen Siemens'scher Construction gab im Vergleich zu den Leistungen der einzelnen Maschinen folgendes Resultat:

Bei 680 Touren pro Minute waren die Mittelwerthe aus mehreren Versuchen

	Weber's Stromstärke	Daniell elektromotorische Kraft	Widerstand im Lichtbogen
für eine Maschine [1]) . .	50,36	79,78	0,75 *S . E*
„ die andere Maschine [2])	57,30	86,50	0,66 „
und in der Parallelschaltung beider Maschinen	84,00	79,55	0,53 „

Die Versuche haben allerdings gezeigt, dass bei der Parallelschaltung eine Umkehrung des Magnetismus resp. der Polarität leicht eintritt, was Störungen und Zeitverlust verursacht; indess dürfte diesem Uebelstande durch die Wahl passender Maschinen und geeignete innere Anordnung zu begegnen sein [3]).

Die Verstärkung des Stromes durch Verbindung zwei oder mehrerer dynamo-elektrischer Maschinen kann unter Umständen wünschenswerth sein. Bei Parallelverbindungen gedachter Art gründet sich die Stromverstärkung vorwiegend auf der Verminderung des innern Widerstandes, in derselben Weise, wie bei der Parallelschaltung galvanischer Batterien, und der Effect ist dabei wesentlich abhängig von dem Verhältniss des innern Widerstandes zum äussern Widerstande des Leitungskreises (§. 3).

---

[1]) 0,295 *S . E* Widerstand der Elektromagnetwindungen und 0,305 *S . E* des Inductors.

[2]) 0,300 *S . E* Widerstand der Elektromagnetwindungen und 0,280 *S . E* des Inductors.

[3]) Gramme soll dies dadurch erreichen, dass er eine kurze Nebenverbindung zwischen den Bürsten *b b* der Maschinen *M* und M_1 (Fig. 36 b) einschaltet.

Eine Veränderung der elektromotorischen Kraft findet dabei weniger statt. Dieselbe würde sich aber durch Hintereinanderschaltung zwei oder mehrerer dynamo-elektrischer Maschinen, wie bei der Hintereinanderschaltung galvanischer Elemente (Fig. 2), wesentlich verstärken lassen.

In solcher Anordnung liesse sich für lange äussere Kreise wirksamer Ersatz für den grössern Querschnitt des Leiters schaffen, indem man die elektromotorische Kraft dem vergrösserten Widerstand der verlängerten Leitung entsprechend steigerte. Dass dies auch durch Vergrösserung und angemessene Einrichtung der dynamo-elektrischen Maschine in grösserer Sicherheit zu erreichen, ist selbstverständlich, und insofern ein eigentliches Bedürfniss zur Combinirung mehrerer kleiner Maschinen nicht anzuerkennen. Die Erfahrung lehrt, dass sich durch grosse Maschinen mit erhöhter Windungszahl und zweckmässiger Kühlungsvorrichtung die elektromotorische Kraft bedeutend steigern lässt, ohne die Ueberhitzung im Betriebe befürchten zu müssen.

Durch die Verminderung des ohnehin geringen innern Widerstandes bei der Parallelschaltung kleinerer Maschinen wird grossen äusseren Widerständen gegenüber im Ganzen wenig gewonnen. Die Rechnung ergiebt auch, dass bei vorstehenden Versuchen die freie Drahtleitung nur etwa 0,20 $S.E$ Widerstand hatte.

§. 16.

Messungen.

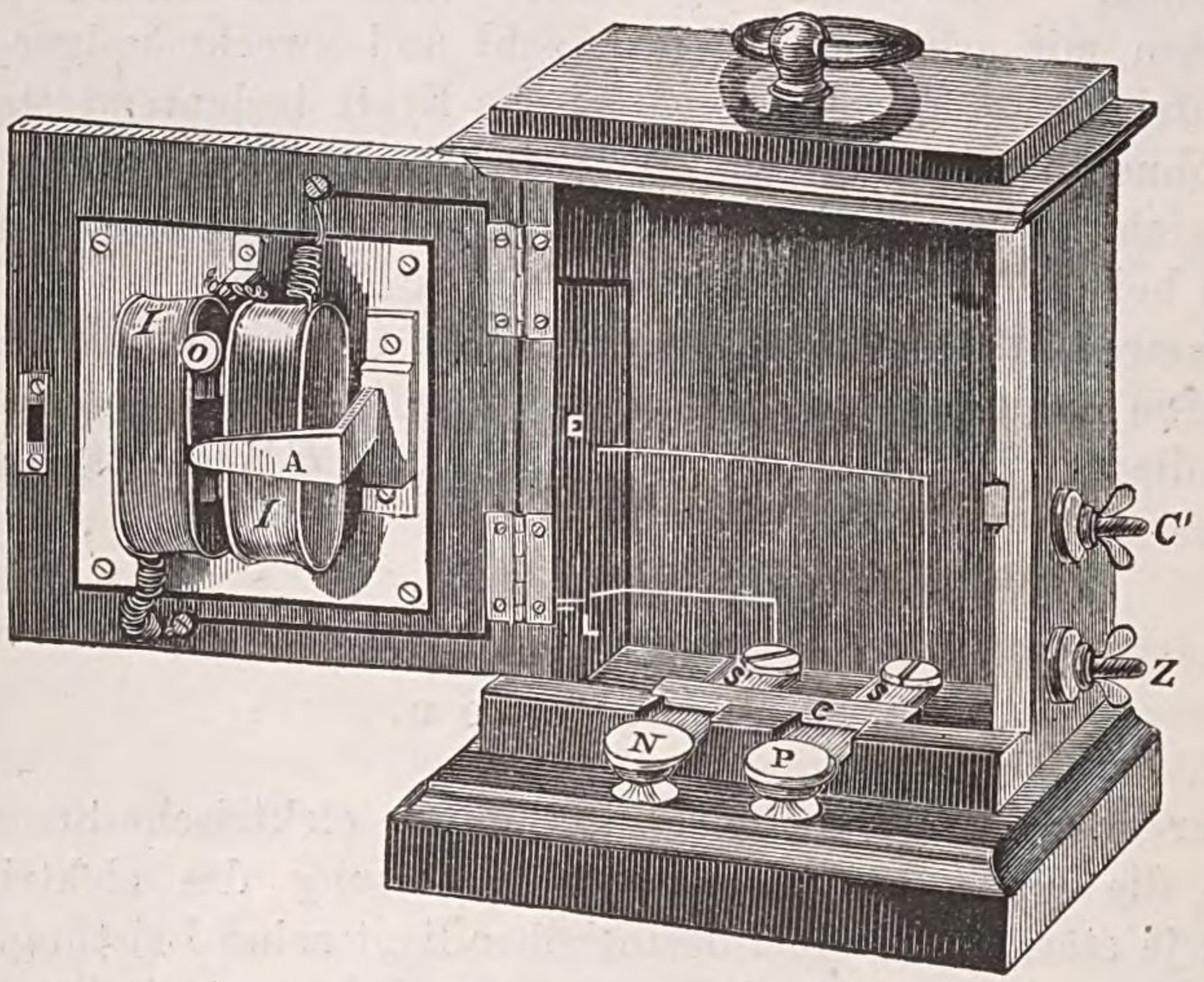
Der im Schliessungskreise circulirende elektrische Strom bestimmt die Wärmeausgabe zur Unterhaltung des elektrischen Lichts; je stärker derselbe, desto höher liegt seine Leistung. Die Beziehungen zwischen der Stromstärke und der auf die Bewegung der dynamo-elektrischen Maschine verwendeten mechanischen Arbeit haben wir früher ausreichend betrachtet, ebenso die schwächenden Einflüsse aus gewissen Verhältnissen innerhalb des Stromkreises. Daraus aber die jeder Zeit im Kreise herrschende Stromstärke herzuleiten ist ebensowenig möglich wie die Bestimmung der variablen elektromotorischen Kraft aus der Construction; man bedarf vielmehr geeigneter Instrumente zur directen Ermittlung, dem Messen derselben. Bei Anwendung schwacher conti-

nuirlicher Ströme [1]) bedient man sich zur Strommessung meist eines mehr oder weniger empfindlichen Galvanometers, d. i. eines Instrumentes, gebildet aus einer grössern Zahl von Drahtwindungen, in deren freien Raum ein leichter Magnet schwebt, nach dessen Ablenkung durch den in den Windungen circulirenden Strom die Stärke desselben bestimmt werden kann [2]). Nach die-

[1]) Die Ströme zur Erzeugung des elektrischen Lichts (§. 6 und 7) nennen wir stark, die gewöhnlichen Telegraphirströme (S. 48) schwach. Die schwächsten Ströme liefert das Bell'sche Telephon ($^1/_{1000000}$ gewöhnlicher Telegraphirströme), welche wir hier aber unberücksichtigt lassen.

[2]) In den Figuren 21 und 22 haben wir uns bereits des einfachsten Instruments, des Galvanoskops, zur Beobachtung bedient, dessen innere Einrichtung aus Figur 37 zu erkennen ist. An der Innenseite der geöffneten

Fig. 37.



Thür befindet sich die Drahtspirale J, in welcher eine Magnetnadel auf horizontaler Achse ruht, deren Lager auf der sichtbaren Seite das Winkelstück A bildet; diese Achse führt durch die Thür und nimmt ausserhalb derselben, in fester Verbindung, einen leichten Zeiger auf, welcher der Nadelbewegung folgt und die Grösse der Ablenkung auf einer Theilscheibe (Fig. 21 und 22) anzeigt. Die beiden freien Enden der Drahtspirale führen an die Klemmen C^1 und Z, welche auch die Leitung mit dem Instrument verbinden. Die Bestimmung der mit $E\,L\,N\,P\,C\,S$ und S_1 bezeichneten Theile hat für unsere Betrachtung kein Interesse.

ser Methode lassen sich aber die in schnellem Wechsel einander folgenden Stromimpulse von entgegengesetzter Richtung

---

In den empfindlicheren Instrumenten, Galvanometern, von denen wir in Fig. 38 ein sehr einfaches präsentiren, schwingt die Magnetnadel ganz frei in wagerechter Lage. Auf der Nadel, senkrecht zu ihrer

Fig. 38.

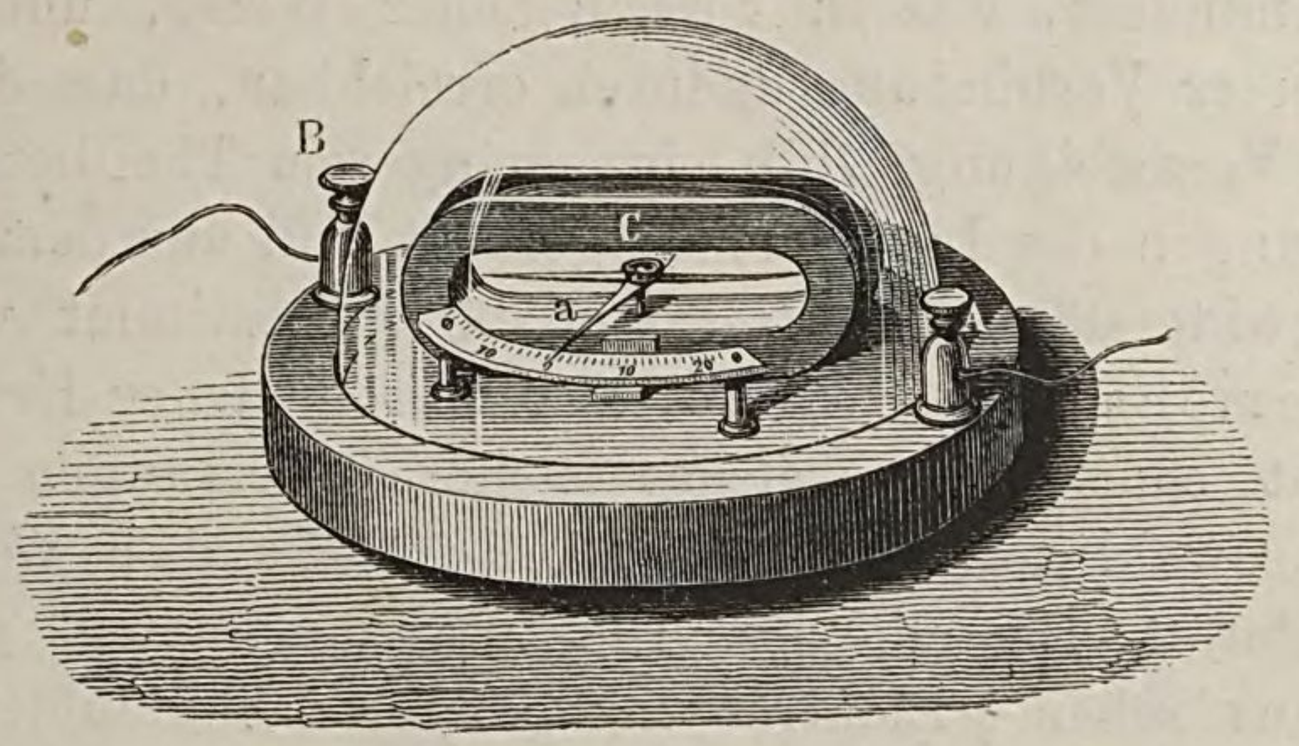
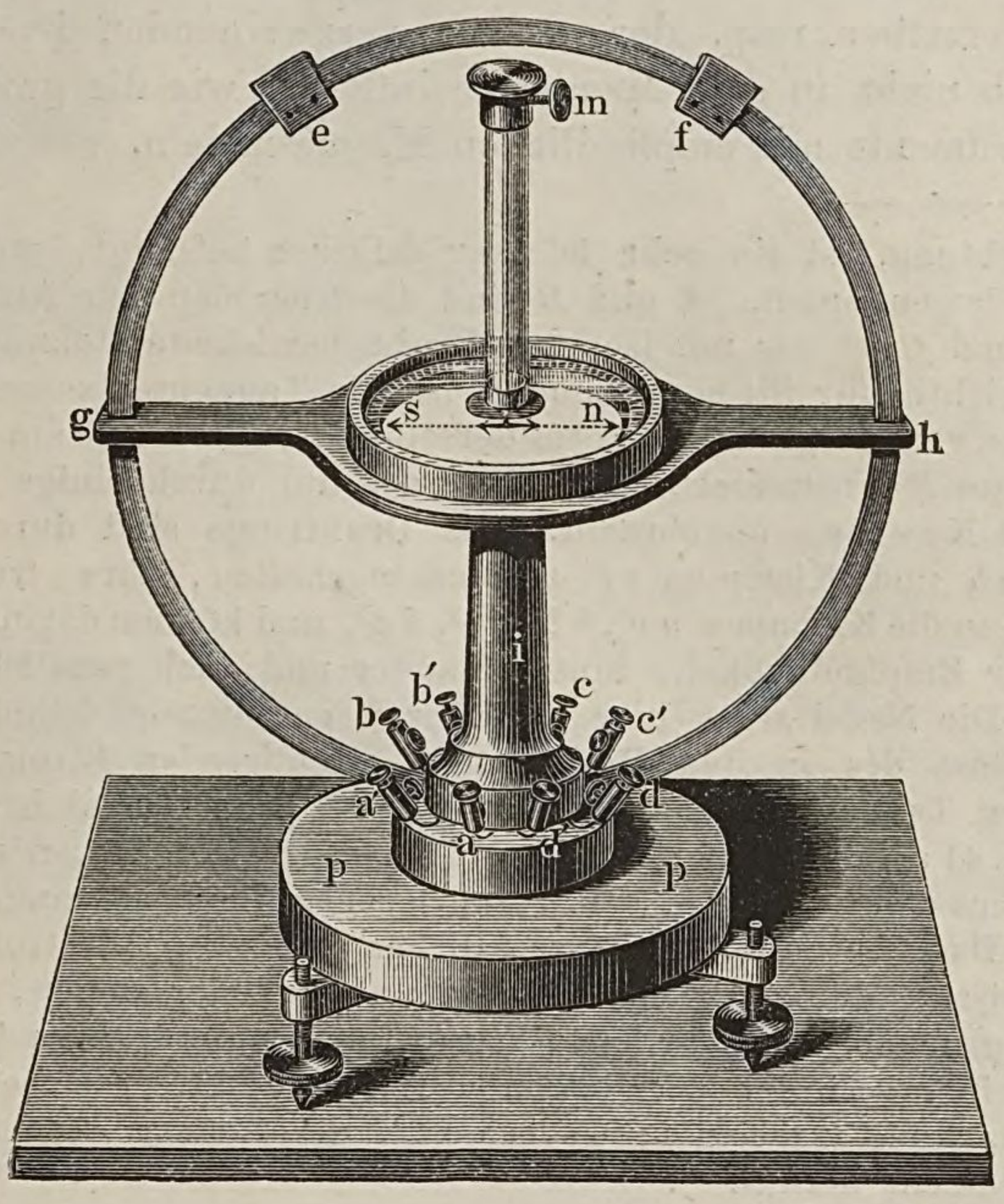


Fig. 39.



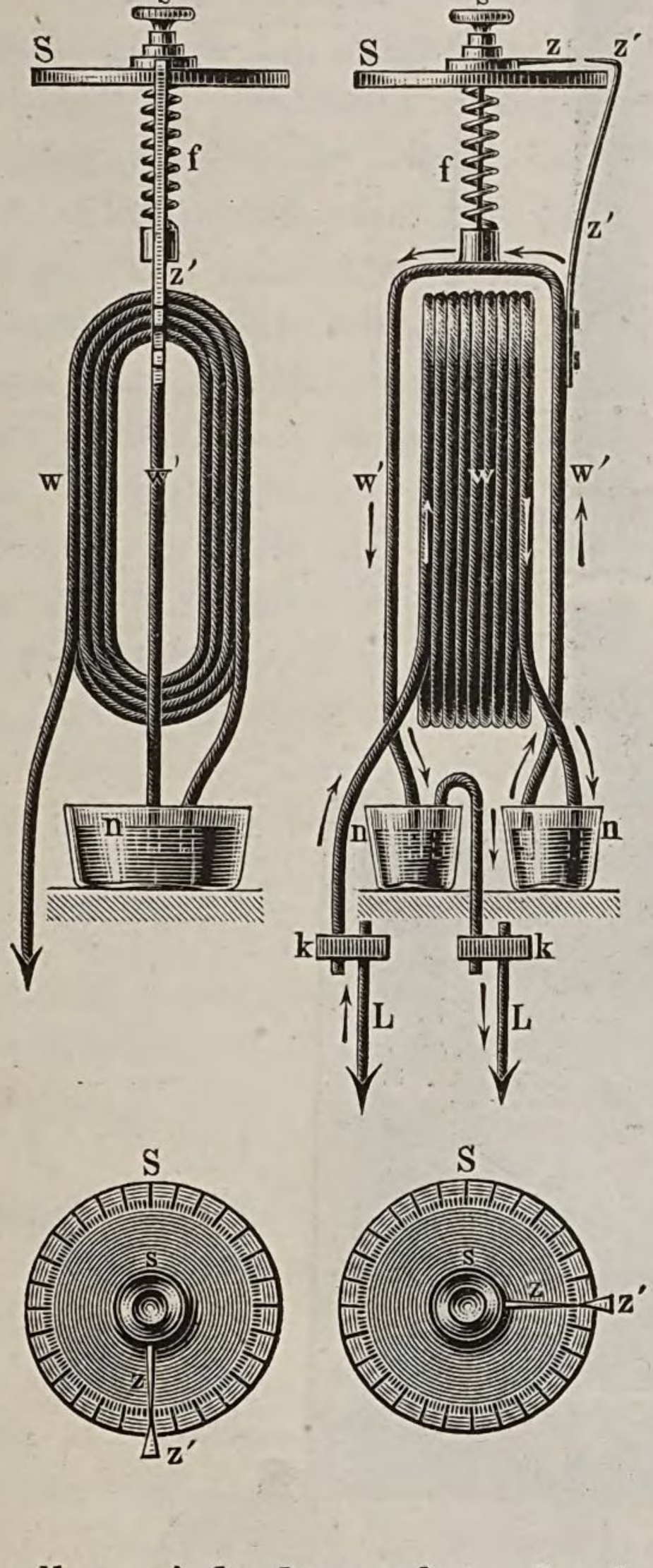
(Wechselströme), welche auch die Magnetnadel in wechselnder Richtung ablenken, nicht messen, weil die Trägheit der Masse dabei jede Bewegung des Magnets hindert. Für starke continuirliche Ströme, wie solche durch die dynamo-elektrische Maschine erzeugt werden, würden sich diese Instrumente zwar auch verwenden lassen, wenn man deren Empfindlichkeit entsprechend vermindert, was in verschiedener Weise, und selbst bei unveränderter Verbindung dadurch erreichbar, dass der Strom in passender Verzweigung, d. h. in geringerem Theilbetrage, durch die Windungen des Instruments geführt und aus dem Verhältniss der Zweigwiderstände die Gesammtstärke bestimmt wird; indess haben Siemens und Halske, aus verschiedener Erwägung, ein Instrument construirt, welches sichere Messungen in starken Strömen, sowohl der continuirlichen wie der Wechselwirkung gestattet. Dasselbe ist „Elektrodynamometer“ genannt und dem Weber'schen [1]) Elektrodynamometer nachgebildet. Es führt keinen Magneten, wird deshalb durch die grossen Eisenmassen der Lichtmaschinen und die starken magnetischen und elektrischen Kräfte derselben resp. der daraus verzweigenden Drähte nicht oder doch nicht in dem Maasse beeinflusst, wie die gewöhnlichen Messinstrumente mit empfindlichen Magnetnadeln.

Längenrichtung, ist ein sehr leichter Zeiger *a* befestigt, welcher über dem Gradbogen spielt. *A* und *B* sind die Klemmen zur Aufnahme der Leitung und *C* ist der mit isolirtem Draht bewickelte Holzrahmen. Besonders wichtig für Strommessungen ist die Tangentenboussole. In der in Fig. 39 a. v. S. dargestellten Form derselben ist eine kleine am Coconfaden aufgehängte Magnetnadel in der Mitte des nur durch einige Drahtringe gebildeten Kreises angebracht. Die Drahtringe sind durch die Einschnitte *g h* und Klemmen *e f* zusammengehalten, ihre freien Enden schliessen an die Klemmen *a* a^1, *b* b^1, *c* c^1, *d* d^1, und können darin, zur Regulirung der Empfindlichkeit, hintereinander und auch parallel geschaltet werden. Die Nadel steht hier in jeder Lage ganz gleichmässig unter dem Einfluss des in den Drahtringen circulirenden Stromes, dessen Stärke den Tangenten der Ablenkungswinkel proportional ist.

[1]) Fig. 41 a. S. 112 liefert eine Ansicht des in Wiedemann's Lehre vom Galvanismus etc. 2. Band, S. 50 ff. beschriebenen Elektrodynamometers von Weber. Dasselbe besteht im Wesentlichen aus zwei Drahtrollen *c* und *y* (Stromkreisen), deren Ebenen senkrecht aufeinander stehen, von denen die eine (*y*) festliegt, die andere (*c*) an feinen Kupferdrähten bei *p p* aufgehängt, innerhalb der Windungen *y* frei schwebt. Die beiden freien Enden der Rolle *y* treten unten bei *a* a^1, der Rolle *c* oben bei *p p* aus dem Instrument heraus.

Fig. 40 zeigt die wesentlichste Einrichtung dieses Instruments. w ist eine feststehende Rolle aus mehreren Windungen 3 mm starken Kupferdrahts, w^1 eine einzelne, beweglich aufgehängte Kupferdrahtwindung, deren Lage zu einander aus dem Bilde ersichtlich ist, welches auch die Verbindung der freien Drahtenden beider Windungen erkennen lässt. nn sind mit Quecksilber gefüllte Gefässe, kk zwei an die Leitung L anschliessende Metallklemmen.

Fig. 40.

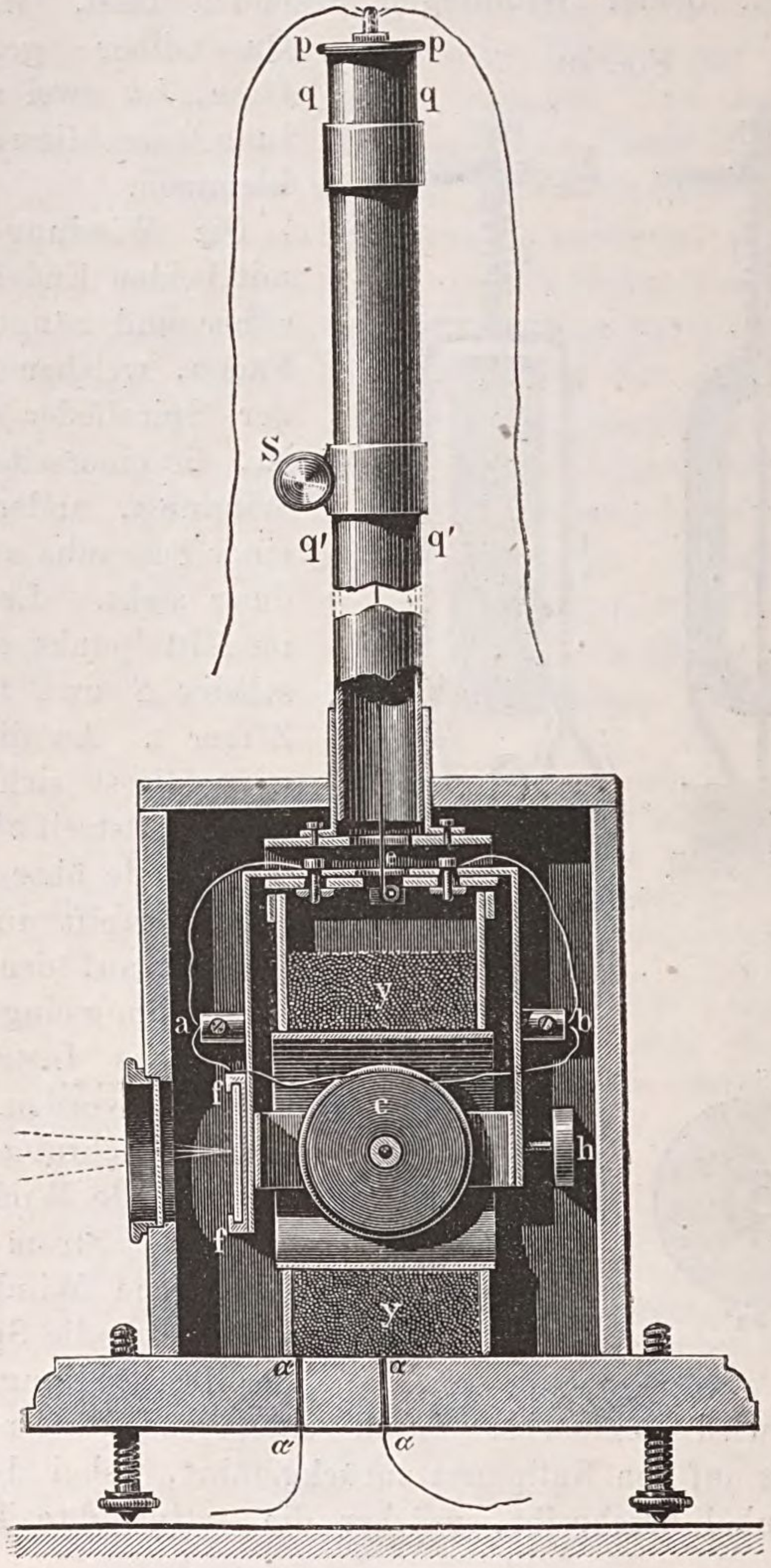


Die Windung w^1 taucht mit beiden Enden in Quecksilber und hängt an einem Faden, welcher von kräftiger Spiralfeder f umgeben ist, die einerseits mit dieser Windung, andererseits mit einer Schraube s in Verbindung steht. Letztere ruht im Mittelpunkt einer Theilscheibe S und trägt einen Zeiger z. An die Windung w^1 schliesst sich ein leichter Metallstreif z^1 an, dessen freies Ende über diese Theilscheibe greift und mit dem Zeiger z auf den Nullpunkt der Theilung eingestellt wird, wenn das Instrument gebraucht werden soll. Der in der Richtung der Pfeile durch beide Windungen circulirende Strom lenkt die bewegliche Windung w^1 ab, womit sich die Spitze z^1 auf der Kreistheilung verschiebt. Dieselbe wird demnächst durch entsprechende Drehung der Schraube s auf den Nullpunkt zurückgeführt, wobei der Zeiger z einen Winkel beschreibt, welcher die stattgehabte Torsion der

Spiralfeder f angiebt; und dieser Torsionswinkel ist proportional dem Quadrat der Stromstärke, welche die bewegliche Windung w^1 abgelenkt hatte.

Nach dem Joule'schen Gesetz ($A = J^2 W$) ist aber auch

Fig. 41.



die vom elektrischen Strom in der Wärmewirkung geleistete Arbeit A dem Quadrat der Stromstärke J proportional, so dass also das Instrument besonders bequem in denjenigen Fällen ist, in denen es sich, wie bei der elektrischen Beleuchtung, um die Verwerthung der Wärme handelt, deren Maass durch den Torsionswinkel unmittelbar zum Ausdruck gebracht wird. Das Elektrodynamometer hat nur geringe Abmessungen; es wird zum Gebrauch in der Regel so aufgestellt, dass die Ebene der festen Windungen w im magnetischen Meridian liegt und die einfache Windung w_1 senkrecht darauf steht, obgleich der Einfluss des Erdmagnetismus in dieser Construction des Dynamometers nur sehr unbedeutend, die Art der Aufstellung also die Messungen fast gänzlich unberührt lässt. Die feste Windung bildet man auch aus zwei Theilen und zwar einer Rolle mit wenig Windungen 3 mm starken Drahts zum Messen continuirlicher Ströme und einer andern von mehr Windungen dünnern Drahts zum Messen von Wechselströmen; beide in der aus dem Bilde ersichtlichen Verbindung. Da der zu messende Strom stets die bewegliche und eine der festen Windungen gleichzeitig durchläuft, so erfolgt die Ablenkung der beweglichen Windung selbst dann in derselben Richtung, wenn die Stromesrichtung wechselt.

Durch Angabe der betreffenden Constanten auf dem Instrument ist die gemessene Stromstärke leicht in Weber's Einheiten des Stromes $\left(\frac{\text{Daniell}}{S.E}\right)$ umzurechnen (S. 41). Aus der so ermittelten Stromstärke J und dem bekannten Widerstand W des Stromkreises in $S.E$ lässt sich dann nach dem Ohm'schen Gesetz $\left(J = \frac{E}{W}\right)$ die wirksame elektromotorische Kraft E bestimmen ($E = J.W$).

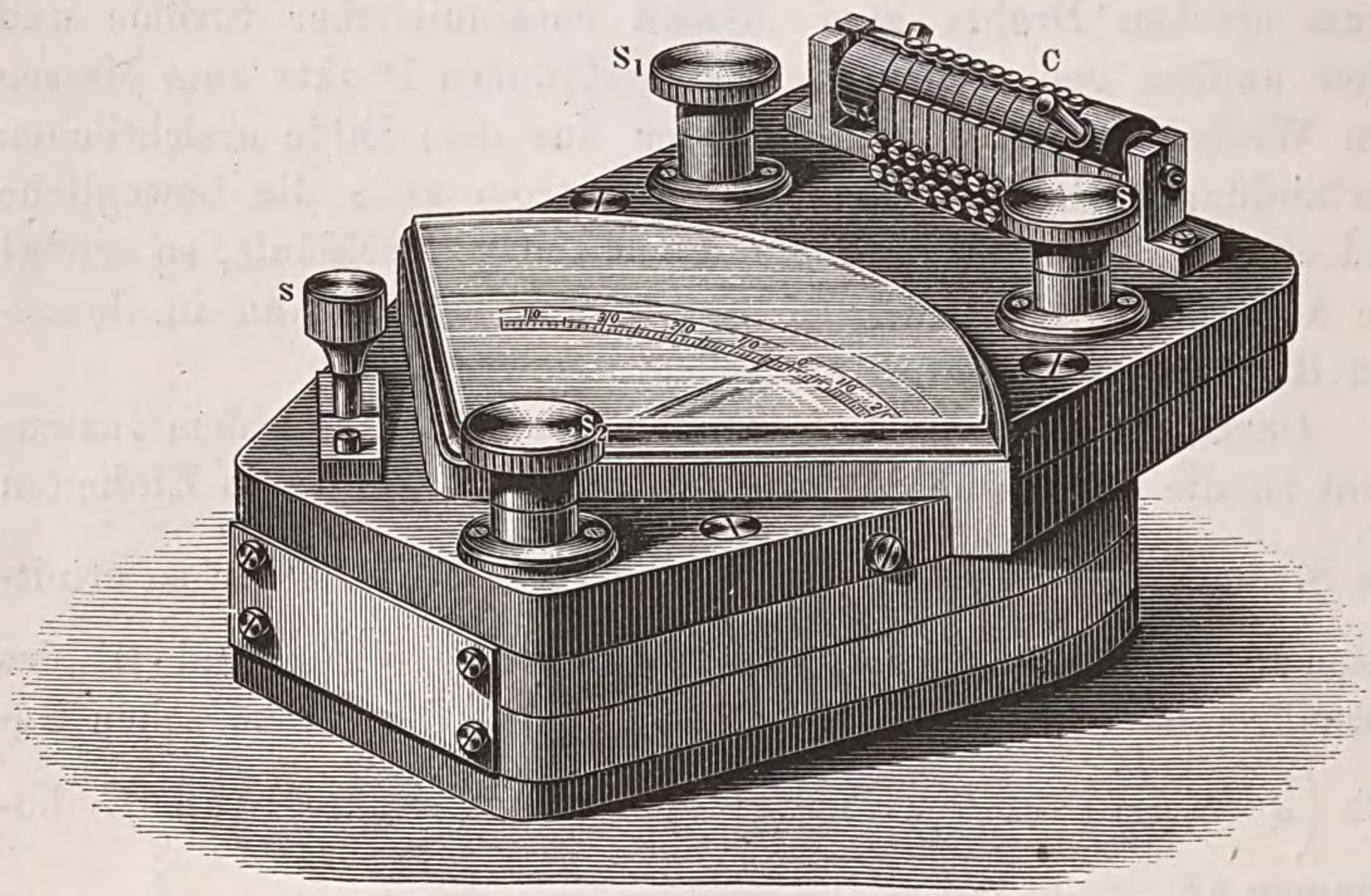
Ein anderes sehr einfaches kleines, in jeder Lage verwendbares Galvanometer von M. Deprez zum Messen starker Ströme besteht aus einer Reihe parallel gestellter kleiner Stäbchen aus weichem Eisen auf gemeinschaftlicher Achse, an welche ein leichter Zeiger rechtwinklig anschliesst, der über kurzem Gradbogen, ohne störende Hin- und Herbewegung, schwingt und die Stromstärken direct in Weber's angiebt. Die gemeinschaftliche Nadelachse lagert in den schmalen Seiten eines rechteckigen kleinen Rahmens, welcher in der Längenrichtung mit isolirtem Draht

von 0,03 *S. E* Widerstand bewickelt ist, durch den der zu messende Strom fliesst; und dieser Rahmen befindet sich zwischen den Schenkeln eines aus mehreren Lamellen gebildeten starken Hufeisenmagneten in solcher Lage, dass die parallel gestellten kleinen Eisenstäbchen, durch den Magnetismus der Schenkel (Pole) gerichtet, eine Lage erhalten, in welcher der Zeiger auf dem Nullpunkt des Gradbogens steht.

Das Instrument soll sehr empfindlich sein; bei der bekannten Veränderlichkeit permanenter Magnete darf aber die dauernd richtige Angabe desselben bezweifelt werden.

Zu gleichem Zwecke ist ein sehr handliches Instrument (Fig. 42) von Ayrton und Perry [1]) construirt, welches in höchst bequemer

Fig. 42.



Weise, durch einfache Nadelablenkung, Ströme bis zu 90 Weber's direct misst, indem die die Nadel umgebenden Drahtwindungen so angeordnet sind, dass die Ablenkung der Stromstärke proportional ist. Diese Drahtwindungen bestehen aus 10 isolirten dicken Drähten,

---

[1]) Nach der neuern Bezeichnung „Ampère“ für „Weber“ (S. 41) nennt man dieses Instrument „Ampère-Messer“ oder auch kürzer „Am-Messer“.

welche mittelst kleinen Commutators C hinter einander und auch parallel geschaltet werden können. Die Drähte haben gleichen Widerstand, so dass sich in der Parallelschaltung der Strom gleichmässig theilt (S. 91). In dieser Schaltung wird die Nadel durch den Strom von 10 Weber's um 5^0 abgelenkt (also 1^0 Ablenkung $= 2$ Weber's und $45^0 = 90$ Weber's), während in der Hintereinanderschaltung dieselbe Ablenkung durch 1 Weber erfolgt (also 1^0 Ablenkung $= {}^1/_5$ Weber's und $45^0 = 9$ Weber's).

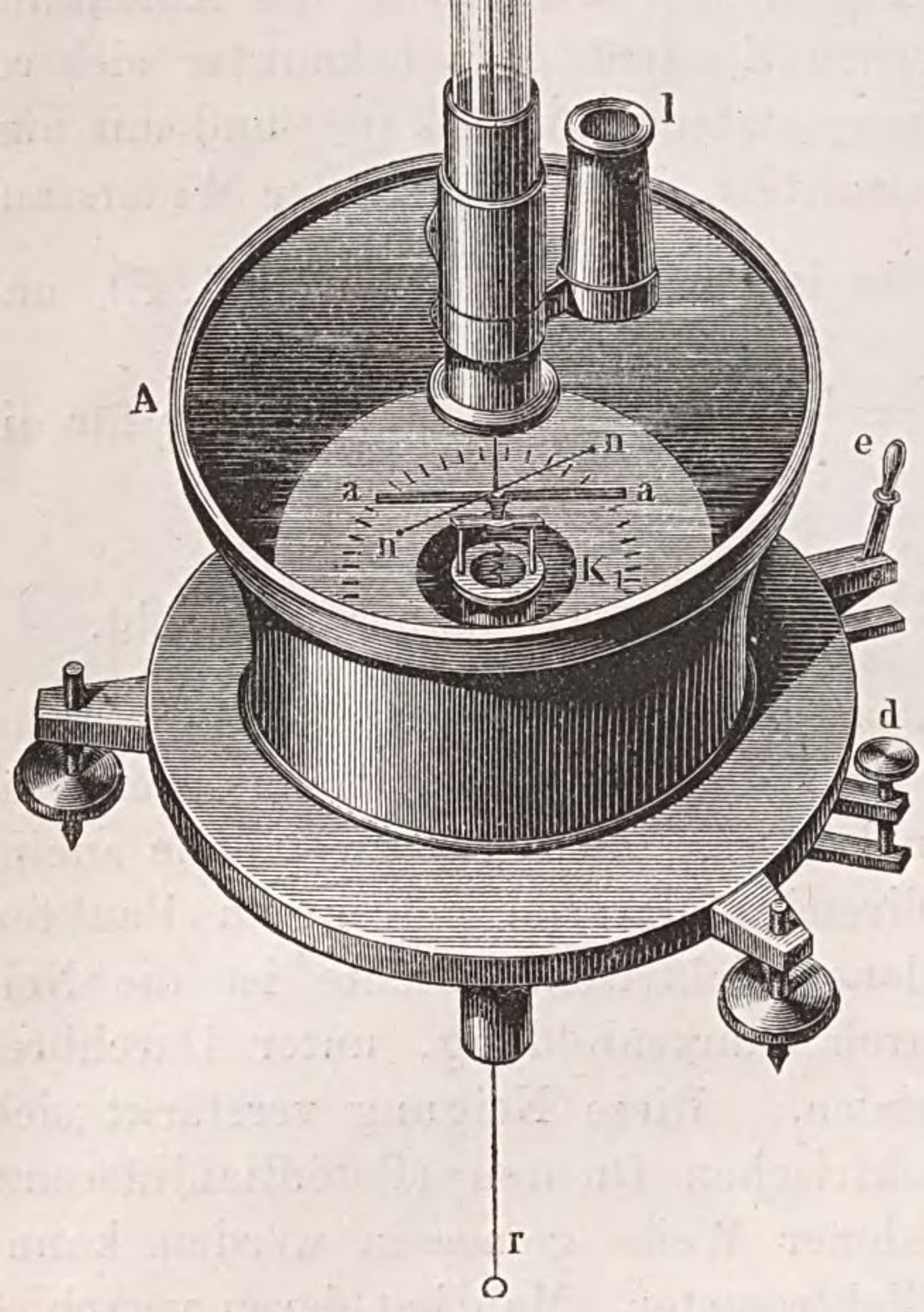
Ausser der einmaligen Bewegung nach der bezüglichen Stelle des Gradbogens macht die sehr leichte, wie bei Deprez Galvanometer magnetisirte Nadel keine störenden Schwingungen.

Die Hintereinanderschaltung liegt zwischen den Schrauben S und S_1, die Parallelschaltung zwischen S und S_2 während Stöpsel s die Einschaltung eines besondern, feinen Drahts von 1 Ohm Widerstand (1 $S.E$) gestattet, mit dessen Hülfe die Richtigkeit der Angaben des Instruments geprüft werden kann. Zu diesem Zwecke wird in der Hintereinanderschaltung die Ablenkung des Stromes eines galvanischen Elements von bekannter elektromotorischer Kraft E mit eingesetztem Stöpsel s (α^0) und mit ausgehobenem Stöpsel s (β^0) ermittelt, woraus sich der Widerstand des gesammten Schliessungskreises zu $\frac{\beta}{\alpha - \beta}$ Ohm's ($S.E$) und die Stromstärke zu $\frac{E}{\frac{\beta}{\alpha - \beta}} = \frac{E(\alpha - \beta)}{\beta}$ Weber's, oder für die Parallelschaltung zu $\frac{E(\alpha - \beta)}{\beta} \times 10$ Weber's ergiebt.

Im Betriebe der Lichtmaschinen sind aber auch Elektricitätsdichten zu bestimmen, d. i. die Elektricitätsmenge der Flächeneinheit eines geladenen Leiters. Zwischen zwei nahe aneinander liegenden durch isolirendes Material getrennten Punkten eines Leiters von verschiedener elektrischer Dichte ist die Neigung zur Ausgleichung durch Funkenbildung, unter Durchbrechung des Isolators, vorhanden. Diese Neigung verstärkt sich mit der Differenz der elektrischen Dichten (Potentialdifferenz, S. 16), welche in verschiedener Weise gemessen werden kann; direct aber nur durch das Elektrometer. Man hat deren verschiedener Construction, in grösserer oder geringerer Empfindlichkeit, zum Messen grösserer oder geringerer Dichten. Wir

präsentiren in Fig. 43 das weniger empfindliche Dellmann'sche Elektrometer. *a a* ist ein feststehender Metallstreifen, in dessen Vertiefung sich die am Cocon- oder Glasfaden aufgehängte durch Schellack isolirte, sehr leichte Metallnadel *n n* bewegen kann. Der Faden steht mit dem Zeiger *z* und dem Griff *g* in Verbindung und wird durch Drehung desselben tordirt.

Fig. 43.



Zum Gebrauch wird die Nadel *n n* mit ganz schwachem Druck an den Metallstreifen *a a* angelegt. Beide werden durch Berührung des Zuleitungsdrahts *r* mit dem Punkt, dessen Elektricitätsdichte zu bestimmen ist, geladen, wodurch die Nadel *n n* abgestossen wird. Dieselbe wird demnächst mittelst Torsion des Fadens am Griff *g* bis auf einen beliebigen, aber den Verhältnissen entsprechenden Theilstrich des getheilten Kreises K_1 zurückgedreht. Ebenso verfährt man bei Anlegung des Instruments an den zweiten Punkt des Leiters, indem die Zurückdrehung der abgelenkten Nadel bis zu demselben Theilstrich erfolgt.

Die am Zeiger z der obern Theilscheibe K abgelesenen Torsionswinkel verhalten sich wie die Quadrate der Ladungen.

Die Differenz der elektrischen Dichten (freie Elektricität an der Oberfläche des Leiters) zweier Punkte des geladenen resp. vom Strom durchflossenen Leiters steht in ganz bestimmtem Verhältniss zur Stromstärke und zur elektromotorischen Kraft des Kreises [1]), so dass sich bei geeignetem Verfahren auch aus der Strommessung die Dichte ableiten lässt, ebenso wie aus der Dichtendifferenz zweier beliebigen Punkte die im Gesammtkreise herrschende Stromstärke und elektromotorische Kraft (Elektrotechnische Zeitschrift 1880, Heft VI, S. 200).

Dem Ampère-Messer ähnliche Instrumente haben Ayrton und Perry auch zur schnellen und bequemen Messung der elektromotorischen Kraft und der durch den elektrischen Strom repräsentirten mechanischen Kraft construirt. Erstere heissen „Volt-Messer“, letztere „Elektrische Kraftmesser“.

Mit dem Volt-Messer lässt sich die Differenz der Potentiale zweier beliebigen Punkte des Stromkreises, also die zwischen denselben im Leiter herrschende elektromotorische Kraft, ausgedrückt in Volts (Daniell), mit Leichtigkeit bestimmen.

Wir haben bereits im §. 7 (S. 58) die zur Bewegung der dynamo-elektrischen Maschine verbrauchte Arbeit nach der Formel JE 0,00181 berechnet, wonach die verbrauchte Arbeit bestimmt ist durch die Stromstärke J und die elektromotorische Kraft E. In gleicher Weise ermitteln Ayrton und Perry durch directe Messung von J und E, und zwar letztere für die beiden Endpunkte der elektrischen Lampe, in welcher das Licht brennt, die nutzbare Arbeit des Stromes in der Wärmeentwicklung zur Lichtbildung [2]), ausgedrückt in Pferdekräften,

---

[1]) Die elektromotorische Kraft ist nicht, wie die Stromstärke (S. 9), in allen Theilen des Stromkreises gleich, sondern für jedes Stück des Leiters verschieden.

[2]) Durch Bekanntschaft mit der Stromstärke und der innerhalb des elektrischen Lichts herrschenden elektromotorischen Kraft würde nach dem Ohm'schen Gesetz auch der Widerstand des Lichtbogens genau zu bestimmen sein, wenn innerhalb desselben nicht eine eigene elektromotorische Erregung stattfände (Bemerk. z. S. 45), welche überhaupt die Bestimmung des Widerstandes im Lichtbogen erschwert.

und beziehen die in Normalkerzen gemessenen Lichtstärken auf die durch den Lichtbogen und nicht, wie dies sonst zu geschehen pflegt, auf die durch den die dynamo-elektrische Maschine treibenden Motor ausgegebene mechanische Arbeit (S. 58). Von dieser Arbeit werden ppr. 80 Proc. in Elektricität umgesetzt; und in der Annahme, dass dieselbe zur Hälfte durch Erwärmung des Leitungskreises resp. der dynamo-elektrischen Maschine verloren geht (S. 21. Maximum der Wärmeausgabe), sind für jede im Lichtbogen ausgegebene Pferdekraft, $2^1/_2$ Pferdekräfte [1]) mechanische Arbeit der Maschine zu rechnen, so dass sich aus gedachter Messung auch die Lichtstärken bestimmen lassen, welche auf die durch die Maschine ausgegebene Pferdekraft entfallen.

Die durch den Lichtbogen repräsentirte mechanische Arbeit misst der elektrische Kraftmesser direct, der also in Stelle der beiden anderen Instrumente, welche den Strom und die elektromotorische Kraft besonders messen, gebraucht werden kann, womit sich das Verfahren weiter vereinfacht.

Wie der innere Widerstand der Lichtmaschinen während der Ruhe derselben zu bestimmen ist, haben wir bereits im §. 6 gesehen. Hat man aber die elektromotorische Kraft E und die Stromstärke J gemessen, so ergiebt sich daraus nach dem Ohm'schen Gesetz auch der Widerstand; und selbst die Strommessung würde bei Zuhülfenahme eines bekannten Widerstandes genügen, den Widerstand während der Thätigkeit der Maschine zu ermitteln, wenn die elektromotorische Kraft constant wäre, wie in den magnet-elektrischen Constructionen, also nicht abhängig vom äussern Widerstande, wie bei der dynamo-elektrischen Maschine (S. 36). Immerhin würde daraus auch der Widerstand des Kreises annähernd ermittelt werden können, wenn der bekannte Hülfswiderstand nicht so gross wäre, dass dessen Einschaltung eine wesentliche Veränderung der elektromotorischen Kraft zur Folge hätte (s. Versuche S. 54).

Angenommen, dass für die dynamo-elektrische Maschine, unter praktisch verwendbarer Geschwindigkeit, der Strom in dem Kreise, für welchen der Widerstand x festgestellt werden soll, zu

---

[1]) Aus §. 3 ist uns bekannt, dass sich die nutzbare Wärme mit dem Verhältniss der Widerstände im Stromkreise ändert, wonach sich diese Umwandlung in geeigneten Fällen modificirt.

a Weber's und demnächst nach Zufügung des bekannten Hülfswiderstandes w, ohne die Drehungsgeschwindigkeit zu verändern, zu *b* Weber's gemessen wäre, so hätten wir nach dem Ohm'schen Gesetz $\left(J = \frac{E}{W}\right)$ zwei Gleichungen:

$$a = \frac{E}{x} \text{ und } b = \frac{E}{x + w}.$$

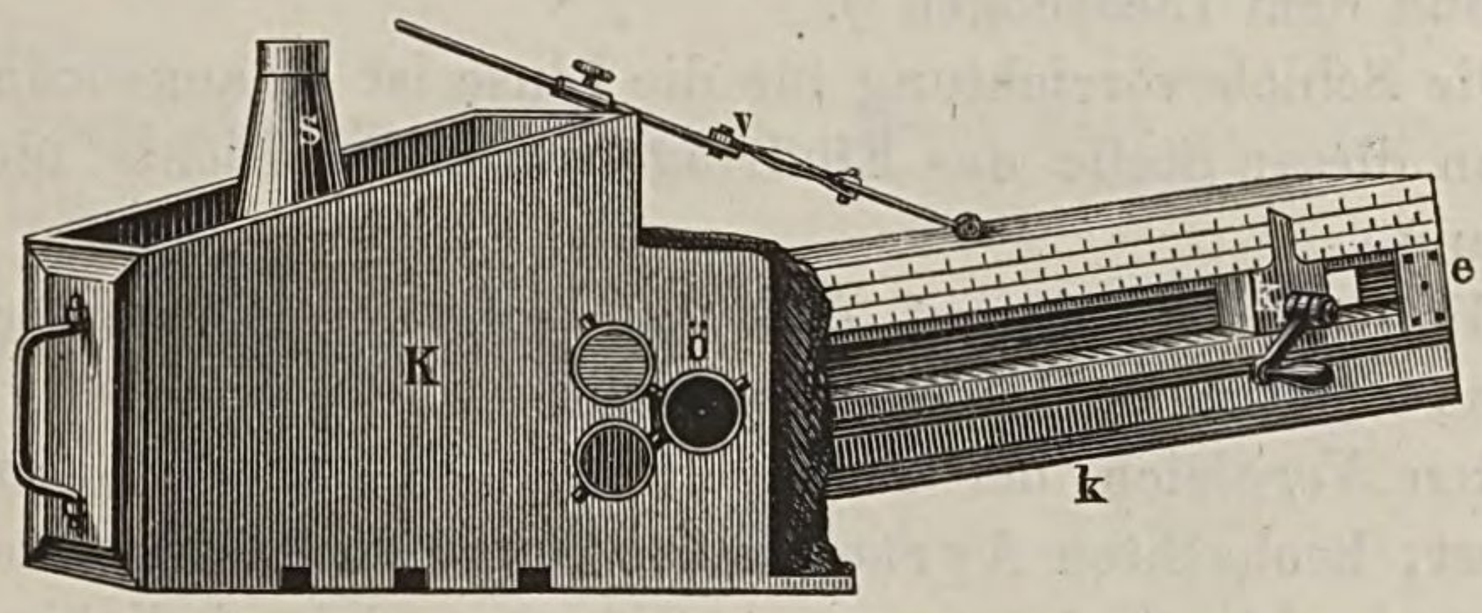
Aus ersterer ist $E = a\,x$, und diesen Werth für E in letztere eingeführt giebt

$$b = \frac{a\,x}{x + w}, \text{ woraus } x = \frac{b\,w}{a - b}.$$

Zum Messen der Lichtstärken bedient man sich bei uns meist des Bunsen'schen Photometers, über dessen Einrichtung und Gebrauch jedes gute physikalische Lehrbuch Auskunft giebt. Besser geeignet zur Messung der Stärke des elektrischen Lichts scheint aber das von Ayrton und Perry construirte Dispersionsphotometer, welches wir in der Fig. 44 präsentiren.

K ist ein Holzkasten in Verbindung mit einem kleinern Kasten *k* aus demselben Material. Ersterer enthält unter dem

Fig. 44.



Schornstein *s* die brennende Normalkerze, wogegen die Strahlen des zu messenden elektrischen Lichts in das offene Ende *e* des Kastens *k* eintreten, darin auf eine doppelt convexe, dünne Linse fallen und von derselben zerstreut werden. Diese Linse lässt sich durch Bewegung der Kurbel k_1 in der Längenrichtung des Kastens auf einer Zahnstange beliebig verschieben. Zur Abhaltung fremden Lichts ist die Verbindung beider Kasten *K* und *k* durch Bedeckung mit einem leichten schwarzen Tuche geschützt.

Die Lichtquellen werfen ihr Licht gegen zwei einfache gleiche Schirme aus Zeichnenpapier, welches demselben Blatte entnommen ist. Beide Schirme sind, in Spiegelwirkung, unter genau gleichen Winkeln gegen eine auf die Axe des Kastens *K* senkrechte Linie zusammengestellt, welche genau durch die Mitte der kreisrunden Oeffnung *ö* führt.

Der Kasten *k* lässt sich an der Verbindungsstange *v* unter jeden beliebigen Winkel gegen die Horizontale einstellen, für welchen das einfallende Licht gemessen werden soll, wobei die Axe des Kastens auf die Mitte des Lichtbogens eingerichtet und die normale Beleuchtung des betreffenden Papierschirmes mit Hülfe eines drehbaren Spiegels gesichert wird. Nach richtiger Einstellung aller Theile wird die Linse durch Kurbeldrehung so weit verschoben, bis die Beleuchtung beider Papierflächen gleichmässig erscheint. In dieser Lage lässt sich die Stärke des zu messenden Lichts in Normalkerzen an der Scala des Kastens *k* direct ablesen. Man bemerkt hier drei Scalen übereinander und bedient sich der untersten für schwaches Licht bei $1^1/_2$ Fuss engl. (0,457 m) Entfernung vom offnen Ende des Kastens *k*, der mittleren für stärkere Lichter bei 3 Fuss (0,914 m) und der obersten für stärkste Beleuchtung bei 5 Fuss (1,524 m) Distanz zwischen dem Instrument und dem Lichtbogen [1]).

Die Schiebevorrichtung für die Linse ist so angeordnet, dass auch an dieser Stelle das Eindringen fremden Lichts nicht erfolgen kann.

Mit Rücksicht darauf, dass das Licht der Normalkerze (S. 2) und das elektrische Licht verschiedene Farbe [2]) haben, was den correcten Vergleich der Beleuchtung beider Papierschirme ausschliesst, beobachten Ayrton und Perry dieselben einmal durch rothe und einmal durch grüne Gläser, welche beliebig vor die

---

[1]) Je grösser diese Entfernung desto ungleichmässiger werden die Beobachtungsresultate wegen verschiedener Luftbeschaffenheit, resp. wegen der in der Luft schwebenden Theilchen, welche selbstverständlich in um so grösserer Menge innerhalb der zu messenden Lichtstrahlen angehäuft sind, je weiter das Instrument von der Lichtquelle entfernt ist.

[2]) Ueber die Einführung einer diesen Mangel beseitigenden Lichteinheit, erzeugt durch das Glühen eines Platinblechs von bestimmten Dimensionen in einem elektrischen Strom von bestimmter Stärke, hat man sich bis jetzt nicht einigen können.

Oeffnung *ö* des Kastens *K* geschoben werden können, und benutzen das Mittel aus beiden Resultaten, welche namentlich bei den starken elektrischen Lichtern sehr verschieden sind.

Die Messung ergab unter andern:

a. bei einem durch die dynamo-elektrische Maschine erzeugten Einzellicht

40 Volts (Daniell) elektromotorische Kraft zwischen den beiden Endpunkten der Lampe,
43 Weber's (Ampère) Stromstärke im Kreise resp. innerhalb des elektrischen Lichts,
15 300 Normalkerzen Lichtstärke, beobachtet mit dem grünen Glase,
5 600 Normalkerzen Lichtstärke, beobachtet mit dem rothen Glase.

b. bei 10 Lampen im Kreise, für die einzelne Flamme

40 Volts elektromotorische Kraft zwischen den beiden Endpunkten der Lampe,
12,5 Weber's Stromstärke im Kreise,
540 Normalkerzen Lichtstärke, beobachtet mit dem grünen Glase,
310 Normalkerzen Lichtstärke, beobachtet mit dem rothen Glase.

Hiernach berechnen sich:

die in der Lampe ausgegebenen Pferdekräfte

ad a. $40 \cdot 43 \cdot 0{,}00181 = \mathbf{3{,}113}$,

ad b. $40 \cdot 12{,}5 \cdot 0{,}00181 = \mathbf{0{,}905}$,

die Leuchtkraft in Normalkerzen pro Pferdekraft, ausgegeben in der Lampe,

ad a. 4915 für Beobachtung mit grünem Glase, 1800 „ „ „ rothem „ } Mittel **3358**,

ad b. 596 „ „ „ grünem „, 342 „ „ „ rothem „ } „ **469**,

die Leuchtkraft in Normalkerzen pro Pferdekraft ausgegeben in der bewegenden Maschine unter der Annahme, dass die

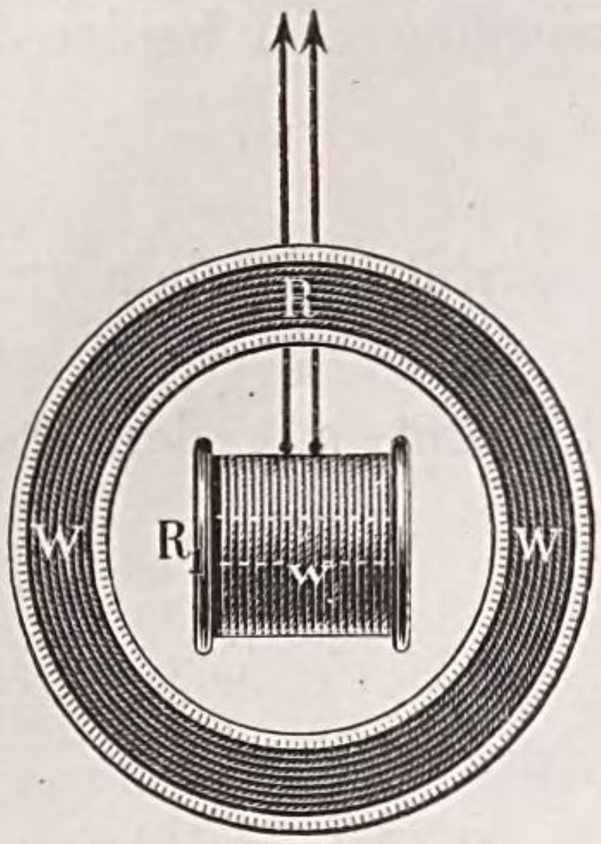
Hälfte der im Stromkreise entwickelten Wärme nutzbar wird. (Bemerkung z. S. 118)

$$\text{ad a. } \frac{3358}{2{,}5} = \mathbf{1343},$$

$$\text{ad b. } \frac{469}{2{,}5} = \mathbf{188}.$$

Wir haben schon früher den Fall ins Auge gefasst, wonach zur weiteren Verminderung der Kosten für die elektrische Beleuchtung die Elektricität im Grossen auf Centralstellen erzeugt und den Consumenten durch Drahtleitungen, wie das Gas, zum beliebigen Gebrauch zuzuführen wäre. Bei solchem Arrangement würde man, ähnlich den Gasmessern, einer Vorrichtung bedürfen, welche den Antheil jedes Consumenten möglichst sicher zu bestimmen im Stande ist. M. Deprez hat eine derartige Einrichtung getroffen; er bedient sich dazu des in Fig. 45 skizzirten unveränderten Weber'schen Elektrodynamometers, in welchem R die feste, R_1 die innerhalb derselben schwingende, beweglich aufgehängte Rolle, beide aus einer grössern Zahl von Drahtwindungen Ww. Dieses Instrument schaltet er bei der Verbrauchsstelle in die Verbindung (Fig. 46) so ein, dass die Drahtrollen RR_1 in je einem der getrennten Kreise liegen. Der bei L in diese Zweigverbindung eintretende Gesammtstrom findet zwei Wege, einen durch die Rolle R, den andern durch die Rolle R_1, in welchem das Licht l brennt, und führt durch die ungetheilte Leitung L_1 weiter.

Fig. 45.



Der Widerstand der Rolle R ist sehr gross, der in R_1 klein, wonach, den Gesetzen der Stromverzweigung entsprechend, nur ein geringer Theil i des in L/L_1 circulirenden Stromes durch R fliesst, während der grösste Theil J desselben durch R_1 führt und das Licht l unterhält.

Zwischen den Widerständen beider Zweige W und w und den Stromstärken resp. i und J besteht die einfache Relation:

$$i : J = w : W,$$

woraus

$$J = \frac{i\,W}{w}.$$

Da die Wärmewirkung resp. die Arbeit A des Stromes nach dem Joule'schen Gesetz $= J^2\,W\,c$, worin c eine Constante, abhängig vom Material etc. (§. 2), so ist die auf jeden Consumenten entfallende Stromesleistung $A = J^2\,w\,c$ oder

$$A = J\,\frac{i\,W}{w}\,w\,c$$

$$= J\,i\,W\,c$$

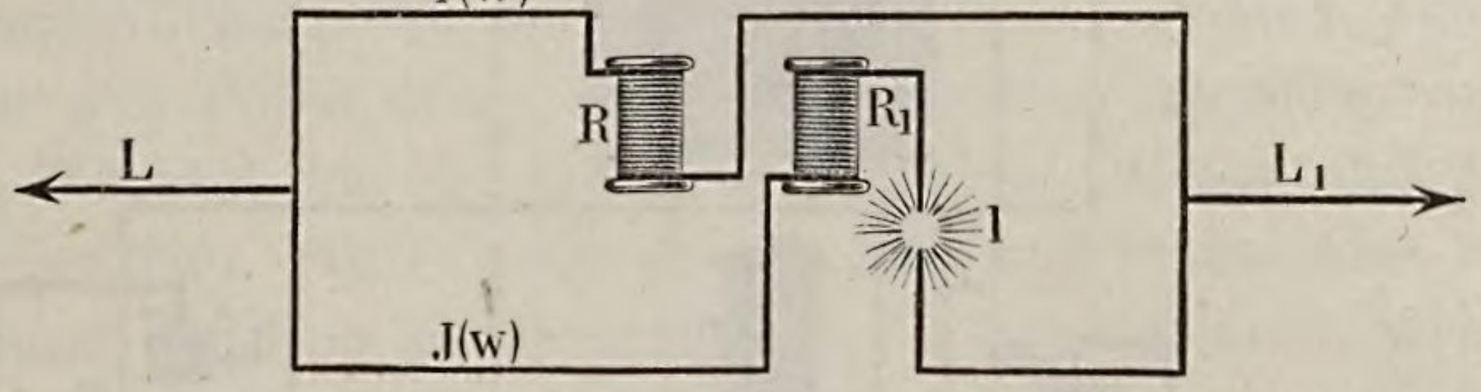
und da in der Verbindung Fig. 46 auch W constant

$$A = J\,i,$$

die Arbeit also proportional dem Product der Zweigströme.

Im Dynamometer sind aber bei Anwendung verschieden starker Ströme für die getrennten Drahtrollen die Ausschläge der

Fig. 46.



beweglich aufgehängten Rolle proportional dem Product der Stromstärken.

Für die Totalwirkung, als mittleren Werth, setzt Deprez den Ausdruck $\sum (J\,i\,dt)$ und diese Totalwirkung registrirt er durch die bewegte Rolle auf gleichmässig bewegtem Papierstreifen und erhält somit das Aequivalent der Kraft (Kohlenconsum), welche Consument für seinen Gebrauch verwendet.

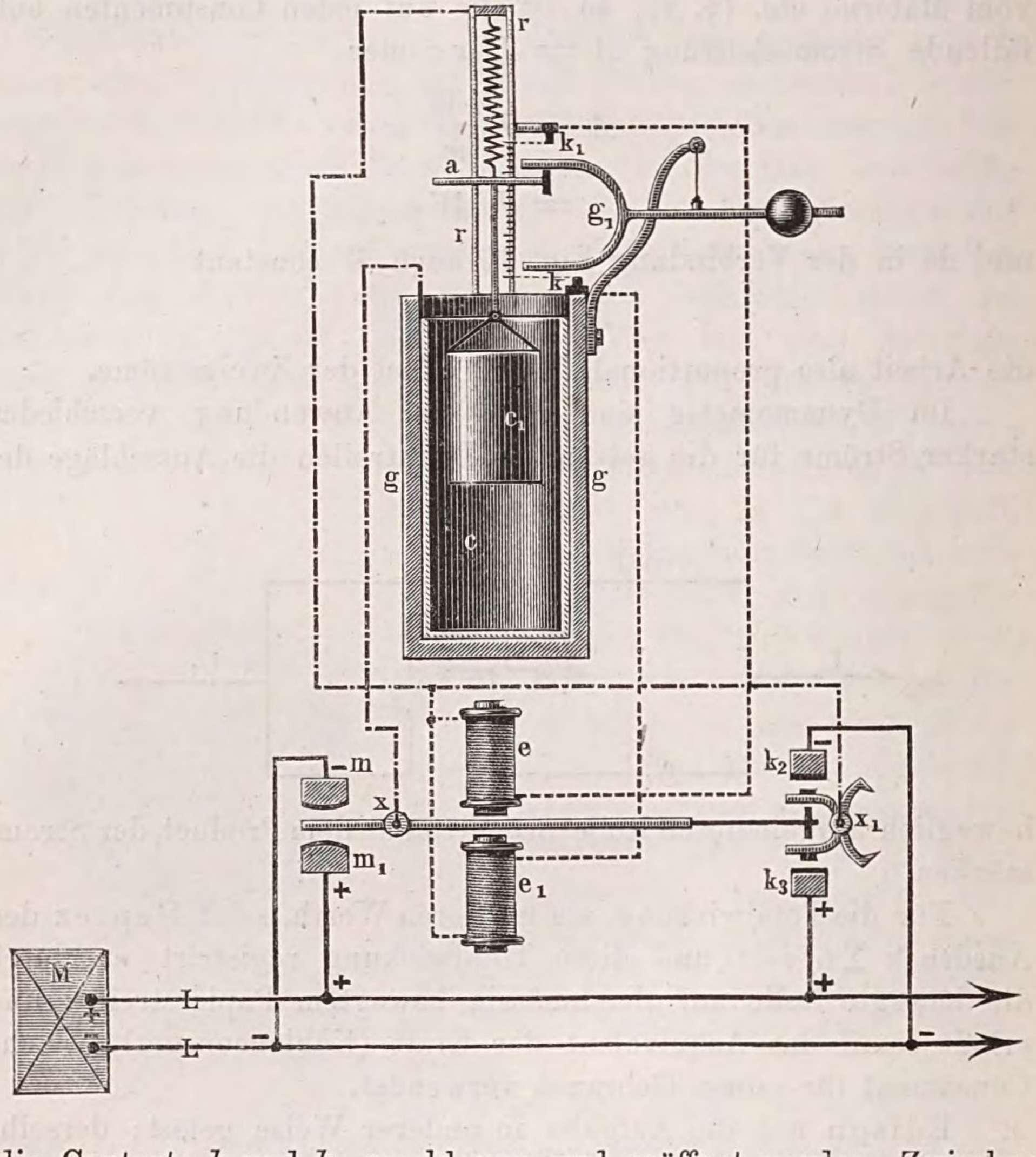
Edison hat die Aufgabe in anderer Weise gelöst; derselbe misst die Quantität [1]) der verbrauchten Elektricität und benutzt dazu unter Anderm eine sehr einfache Vorrichtung (Fig. 47 a. f. S.). Ein Gefäss g aus isolirendem Material ist mit Kupfer c aus-

---

[1]) Product aus der Stromstärke und der Dauer des Stromes in Secunden (Zeiteinheit).

gekleidet und mit concentrirter Kupfervitriollösung gefüllt. In der Lösung hängt an einer im Rohr r befindlichen Spirale der Kupfercylinder c_1 in leitender Verbindung. Die Aufhängung trägt einen Querarm a von Metall, dessen eines Ende die im Gleichgewicht aufgehängte Gabel g_1 heben und senken kann, wodurch

Fig. 47.



die Contacte k und k_1 geschlossen und geöffnet werden. Zwischen beiden Contacten ist das Rohr r mit Scala versehen, deren Theilung an der jeweiligen Lage des Armes a abgelesen wird. Der Apparat wird zuerst so eingestellt, dass Arm a Contact mit k_1 hält, wobei derselbe auf den höchsten Punkt der Scala zeigt. Wird nun ein positiver elektrischer Strom so durch das Gefäss g

geführt, dass derselbe in die Kupferauskleidung c ein- und durch den Kupfercylinder c_1 austritt, so löst sich, nach elektrolytischem Gesetz, von ersterer soviel Kupfer, als sich auf letzterem niederschlägt. Durch diesen chemischen Process steigert sich das Gewicht des Kupfercylinders c_1; derselbe sinkt bei Unterhaltung des elektrischen Stromes fortwährend in der Füllung, bis Arm a den Contact k schliesst, welcher den Strom wendet, in der Weise, dass derselbe nunmehr über den Cylinder c_1 in das Gefäss g ein- und über die Kupferauskleidung c austritt. Dieser Richtungswechsel bewirkt aber, dass demnächst das auf c_1 niedergeschlagene Kupfer wieder gelöst und auf der Kupferauskleidung c abgelagert wird. Der Kupfercylinder c_1 verliert dabei also an Gewicht und steigt deshalb wieder in der Füllung, bis der Schluss des Contacts k_1 die ursprüngliche Stromesrichtung herstellt. So geht das Spiel fort. Und da die Kupferübertragung einem bestimmten Elektricitätsquantum entspricht, so ist aus der Zahl Hebungen und Senkungen des Cylinders c_1 der Stromverbrauch bestimmt [1]).

Der Stromwechsel und die Aufzeichnung der Hin- und Rückgänge des Kupfercylinders c_1 fällt einem besonderen einfachen Apparat zu. Derselbe besteht aus zwei Elektromagneten $e\,e_1$ mit gemeinschaftlichem um x drehbaren Anker, dessen eines Ende zwischen den Polen $m\,m_1$, eines permanenten Magneten schwingt und den Wechsel der Stromrichtung bewirkt, dessen anderes Ende mittelst isolirten Stiftes eine um x_1 drehbare Gabel hin- und herbewegt und dadurch gleichzeitig ein Zahnrad schiebt, welches die Hebungen und Senkungen des Kupfercylinders c_1 registrirt oder durch Zeigerwerk nachweist.

Denken wir uns den Apparat für den Gebrauch eingestellt, also den unbelasteten Kupfercylinder c_1 in höchster Lage mit geschlossenem Contact k_1 und den gemeinschaftlichen Anker vom Elektromagnet e angezogen, wobei das Ende links mit m_1 Contact hält und das Ende rechts den oberen Arm der um x_1 drehbaren Gabel gegen das Contactstück k_2 drückt.

Die von der dynamo-elektrischen Maschine M ausgehenden beiden Leitungen $L\,L$ sind mit m, m_1, k_2 und k_3, wie in unserer

---

[1]) Ein Strom von 10 Weber's Stärke und 100 Secunden Dauer zersetzt soviel Kupfer, wie ein Strom von 20 Weber's Stärke, welcher nur 50 Secunden wirkt; und der Strom von 1 Weber's Stärke zersetzt 1,38 g Kupfer pro Stunde.

Zeichnung angegeben, verbunden. In dieser Verbindung führt bei gedachter Ankerlage der positive Strom über m_1 durch x an die Kupferauskleidung c, durch die Füllung, über c_1, dessen Aufhängung, nach dem Drehpunkt x_1 der Gabel, und über Contact k_2 nach dem negativen Pol zurück. Da Arm a mit k_1 Contact hält, so verzweigt ein Theil des Stromes durch diesen Contact und die Windungen des Elektromagneten e im Anschluss an x_1, was in der Wirkung dieses Elektromagneten, der gedachten Ankerlage entspricht. Der Kupfercylinder c_1 senkt sich in Folge der darauf stattfindenden Kupferablagerung, Contact k_1 wird vom Arm a verlassen, die Wirkung des Elektromagneten e hört auf, der Anker wird aber in seiner Lage durch den Magnetpol m_1 festgehalten. Hat sich der Kupfercylinder c_1 soweit gesenkt, dass der Contact k geschlossen wird, so führt ein Zweigstrom über k durch die Windungen des Elektromagneten e_1, dessen Anziehung den Anker umlegt, so dass das Ende links gegen m geführt wird und das Ende rechts den Contact k_3 schliesst. Der positive Strom führt nun über k_3, x_1 durch die Aufhängung in den Cylinder c_1, durch die Füllung über c nach dem Drehpunkt x des Ankers und über m zum negativen Pol der Maschine M. Der Cylinder c_1 wird durch Lösung des niedergeschlagenen Kupfers entlastet, er hebt sich, verlässt den Contact k, während der Anker nun durch den Magnetpol m festgehalten wird.

Während der Bewegung des Cylinders, oder bei abgestelltem Strom in beliebiger Lage, zeigt Arm a auf der Scala die Menge des zur Zeit der Beobachtung auf dem Cylinder deponirten Kupfers an, wogegen jeder vollendete Auf- und Niedergang durch die Ankerbewegung registrirt ist, so dass zu jeder Zeit die Menge des gelösten resp. übertragenen Kupfers erkennbar ist. Es wird nicht der gesammte Betriebsstrom durch den Apparat geleitet, sondern nur ein Theil desselben, der Apparat liegt also in einem Zweige der Hauptleitung LL, in welcher das Licht brennt. Durch Bekanntschaft mit den Widerständen der Hauptleitung und des durch den Apparat verzweigenden Kreises, welche bekanntlich in umgekehrtem Verhältniss zur Stromstärke stehen, ist aus dem Kupferniederschlage der Elektricitätsverbrauch im Hauptkreise leicht zu bestimmen.

Das Arrangement lässt sich übrigens verschieden denken, und unsere specielle Anordnung wird vielleicht auch der Edison'-

schen Construction nicht völlig entsprechen. Uns kam es in erster Reihe darauf an, das Princip zu treffen, dessen Anwendung zu gedachtem Zwecke innerhalb der praktischen Grenzen wohl geeignet erscheint, sofern das Arrangement mit der Vorsicht umgeben ist, welche der chemische Process zur Erzielung brauchbarer Resultate fordert.

§. 17.

Leitungsdrähte, Leitungsanlage und Installation.

Ueberall, wo die elektrische Beleuchtung vereinzelt zur Anwendung kommt, wird man das Arrangement selbstverständlich so treffen, dass nicht nur die Lichtmaschinen den Kraftmotoren möglichst nahe placirt, sondern auch die elektrischen Kerzen und Lampen nicht zu weit entfernt von den Lichtmaschinen angebracht werden. Wir wissen aus §. 3, dass der Leitungskreis nur geringen Widerstand haben darf, wenn dem Stromverlust durch Umsetzung in Wärme an anderen als den Nutzungsstellen (Lichtbogen) möglichst vorgebeugt werden soll, und die Kürze der Leitung begünstigt das Widerstandsverhältniss. Zur Unterstützung des Erfolgs bedient man sich auch in geeigneten Fällen für die äussere Drahtverbindung des am besten leitenden Materials (Kupfer) in der erforderlichen Vergrösserung des Querschnitts.

Der Leitungsdraht ist am besten isolirt durch innige Bekleidung mit Guttapercha. Weniger zu empfehlen ist die Anwendung isolirender Gewebe, selbst wenn dieselben zur Abhaltung der Feuchtigkeit mit öligen, harzigen etc. Stoffen getränkt sind, sofern nicht daneben durch Guttapercha der grössere Schutz gegeben ist. Eine solche Combination ist aber zuweilen nöthig, um nachtheilige Einflüsse abzuwenden, sei es aus äusseren Einwirkungen, sei es aus der Erwärmung des Leiters durch den elektrischen Strom.

Kupferdraht aus reinem Material wird um so weniger durch den Strom erwärmt, je stärker er ist. Solche Drahtstärken, welche in kurzen Verbindungen die Erwärmung gänzlich abwenden würden, kommen in der Regel nur für längere Leitungen und zur Erzeugung sehr starker Lichter, wie für Leuchtthürme und andere

Signalzwecke in Anwendung, sind aber für kürzere Verbindungen, welche in der Regel einen höhern Grad von Biegsamkeit besitzen müssen, der auch in der Verbindung mit und unter den Lampen oder zur Führung in wechselnden winkligen Zügen erforderlich, nicht geeignet. Die Flexibilität zu erhöhen, wählt man für isolirte Drähte meist die Litzenform, d. h. man bildet die eigentliche Drahtader aus mehreren zu einer Litze zusammengedrehten, mehr oder weniger feinen Drähten [1]), welche Form übrigens auch zur Abwendung von Störungen durch Drahtbruch zu empfehlen ist. Im Kupfer finden sich nicht selten spröde Stellen, an denen der Draht leicht bricht; die Gefahr ist bei Anwendung der Litzenform namentlich auch darin geringer, dass der Bruch des einzelnen Drahtes den Stromkreis nicht unterbricht.

Für Fabriketablissements nicht zu grossen Umfangs, wo Lichtmaschinen und Lampen resp. Kerzen nahe zusammen liegen, wird man sich meist eines Leitungsdrahts in der für die Lampenverbindung geeigneten Beweglichkeit für die ganze Anlage bedienen, wobei selbst die Rückleitungen nicht unterschieden werden; während grössere Anlagen, wie bei Beleuchtung von Bahnhöfen, Strassenzügen etc., bei denen das Maschinenhaus eine getrennte Lage hat, und wobei in der Regel mehrere Lichtkreise aus demselben verzweigen, zur Unterscheidung von Abschnitten nöthigen, und zwar: die Verbindungen innerhalb des Maschinenhauses, die Zuführungen nach dem beleuchteten Raum, die Verbindungen unter den Lampen resp. Kerzen selbst und die gemeinschaftliche Rückleitung nach den Lichtmaschinen.

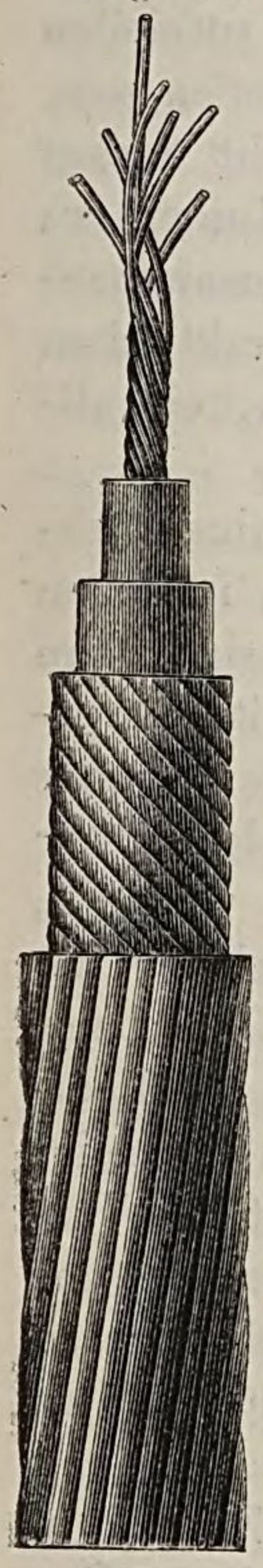
Für die Verbindungen innerhalb des Maschinenhauses und für die Verbindung unter den Lampen wählt man dann isolirte Drähte genügender Flexibilität; während für die eigentliche äussere längere Leitung möglichst hohe Leitungsfähigkeit in erster Linie anzustreben ist, und um so mehr, je länger diese Verbindungsleitung sein muss, welche in geeigneten Fällen auch aus frei durch die Luft auf Isolatoren geführten Eisendrähten gebildet sein kann.

---

[1]) Für Längen von einigen hundert Metern in Verbindung mit Leuchtthürmen verwendet man schon Kupferdrähte von 1,6 bis 2,4 mm Durchmesser und vereinigt deren mehrere zu einer Litze, je nach dem zu erzielenden Widerstande (§. 3). Wegen Ermittlung der Drahtstärken und Drahtlängen für bestimmte Widerstände verweisen wir auf die Anmerkung zu S. 37.

In der Regel vereinigt man isolirte Drähte zu einem Kabel und führt dasselbe entweder an geeigneten, mit vorhandenen Baulichkeiten verbundenen Stützpunkten, oder innerhalb der Erde resp. durch Wasser [1]), wegen der Stärke der Lichtströme aber (S. 48) stets in angemessener Entfernung von etwa vorhandenen Telegraphen- oder Telephonleitungen (S. 108), deren Betrieb durch Lichtanlagen leicht gestört werden kann. Sind die Kabel mit Eisenhüllen bekleidet, so kann man sich der Hülle als gemeinschaftliche Rückleitung bedienen, welche der Isolirung nicht bedarf; aus diesem Grunde eignen sich dazu auch andere Eisenconstructionen, Gas- oder Wasserleitungsrohre etc. [2]).

Fig. 48.



Bei Verwendung mehrerer Lichtmaschinen und bei Verzweigung mehrerer Lichtkreise aus denselben (§. 11) bedient man sich zweckmässig eines sogenannten Umschalters, welcher, in der Nähe der

---

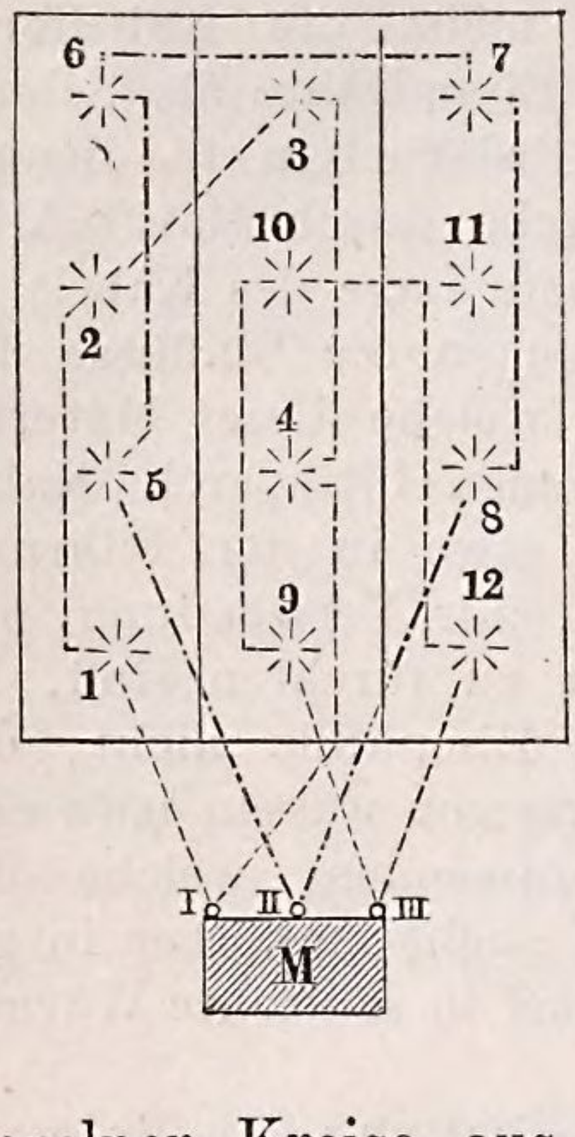
[1]) Bei Führung der Leitung unter Wasser oder in der Erde wählt man auch für die einzelne Drahtader meist die Kabelform (Fig. 48), bei welcher Eisendrähte als Schutz gegen äussere Angriffe (Erdarbeiten etc.) dienen, während die Guttapercha durch Hanfbekleidung und genügend tiefe Lage des Kabels in der Erde (etwa 1 m) gegen die Einflüsse der Luft geschützt wird, welche dieses Material langsam zersetzt. Kommen Guttapercha-Kabel ausserhalb der Erde, etwa in der Führung an Bauconstructionen, zur Verwendung, wo äussere Angriffe nicht zu fürchten sind, so bedarf es der festen Eisenhülle nicht; die nachtheilige Einwirkung von aussen etwa eintretender Wärme abzuwenden, welche die Guttapercha erweicht, sucht man aber in geeigneten Fällen das Kabel in schlechte Wärmeleiter zu verpacken.

[2]) Die directe Einschaltung der Erde, in Anwendung besonderer Erdplatten, scheint sich für die verhältnissmässig stets kurzen Lichtleitungen nicht zu bewähren, weil die vertheilende Fläche dabei in der Regel nicht gross genug gewählt werden kann.

Lichtmaschinen aufgestellt, sämmtliche Drahtverbindungen aufnimmt und gestattet, dass durch einfache Manipulationen (Einsetzen von Metallstöpseln oder Kurbeldrehung etc.) die verschiedenen Zweige nach Bedarf ein- und ausgeschaltet oder mit den Lichtmaschinen beliebig verbunden werden können.

Solche Leitungsanlagen können zuweilen recht complicirt sein und erfordern dann um so grössere Vorsicht und Sachkenntniss, namentlich volle Bekanntschaft mit den Isolationsverhältnissen und dem Verhalten der Leitungen im Stromkreise unter verschiedenen äusseren und inneren Einflüssen [1]). Die zweckmässigste Anordnung der Leitungen wird für jeden speciellen Fall in Erwägung der einschlagenden Verhältnisse zu treffen sein. Unsere Ausführungen darüber zielen deshalb auch nicht darauf ab, eine Anweisung zur Herstellung der Leitungsverbindungen zu ertheilen, haben vielmehr nur den Zweck, über den Zusammenhang unter den Lichtmaschinen und Lampen, den praktischen Stromkreis, gewissermaassen als Abschluss des Ganzen, ein allgemeines Bild zu liefern.

Fig. 49.



Wenn aus der Lichtmaschine mehrere Kreise verzweigen (§. 11), in denen mehrere Flammen zu unterhalten sind, dann ordnet man in der Regel die Leitungsverbindung so an, dass derselbe Kreis sich über die Lampen verschiedener beleuchteter Räume oder Raumabschnitte vertheilt, wie etwa Figur 49 zeigt, in welcher die Maschine *M* drei Lichtkreise mit je 4 Lampen bildet. Im Kreise I liegen die Lampen 1 bis 4, im Kreise II 5 bis 8 und im Kreise III 9 bis 12. Dies bietet den Vortheil, dass bei etwaigem Verlöschen der Lampen eines Kreises die beleuchteten Räume nicht völlig verdunkelt werden, und gestattet die bequeme Ausschliessung einzelner Kreise aus dem Betriebe während solcher Zeiten, in denen die volle Beleuchtung nicht gewünscht werden sollte. Der

---

[1]) Ausführliche Auskunft darüber giebt Merling's Telegraphen-Technik der Praxis. Hannover 1879.

Nutzen derartiger Arrangements liegt auf der Hand, und man opfert demselben gern den grössern Aufwand an Leitungsmaterial. Noch grössere Beweglichkeit in dieser Richtung würde selbstverständlich eintreten, wenn aus der Maschine ebensoviel Kreise verzweigten, wie Lampen vorhanden sind, so dass jede derselben im eigenen Kreise brennt, was allerdings auch eine weitere Vermehrung der Leitungen fordert. Dem gegenüber ist der Aufwand an Leitungen offenbar weit geringer in der Bildung eines Kreises aus der Lichtmaschine, also in der Hintereinanderschaltung sämmtlicher Lampen. Dieser Aufwand kommt im Ganzen nicht wesentlich in Betracht, wo es sich um die Beleuchtung mässig grosser Räume in der Nähe der Lichtmaschine handelt, kann indess für ausgedehntere Anlagen und bei grösserer Entfernung des Maschinenhauses vom Beleuchtungsraume von entscheidender Bedeutung werden. v. Hefner-Alteneck stellt darüber interessante Betrachtungen [1]) an, in einem Vergleich unter den beiden letzten Fällen. Er unterstellt dabei einen bestimmten Widerstand für den einzelnen Lichtbogen und den betreffenden Theil der Maschinenwicklung im ersten, und für sämmtliche Lichtbogen, einschliesslich der gesammten Maschinenwicklung im zweiten Falle, und betrachtet demnächst die Wirkung des Widerstandes der Verbindungsleitungen resp. der einfachen Drahtverbindung zwischen Maschinen und Lampen, indem er sich auf den Umstand stützt, dass die aufgewendete Arbeit bei gleichbleibender Stromstärke dem Leitungswiderstande proportional ist (§§. 6 u. 7). Daraus wird nachgewiesen, dass der Widerstand der aus der Lichtmaschine verzweigenden einzelnen Leitungen bedeutend geringer sein muss, als der des einen Drahtes in der Hintereinanderschaltung der Lampen, um den gleichen Procentsatz an Arbeitskraft oder in Summa die gleiche Menge von Arbeitskraft als Verlust durch die Leitung zuzugeben.

Die Anforderung des geringern Widerstandes bedingt aber selbstverständlich die entsprechende Vergrösserung des Querschnitts der einzelnen Drähte, so dass zu den erforderlichen grösseren Längen in der Verbindung unter den Lampen auch noch die Verstärkung der Leitungen tritt. Es ergiebt sich aus qu. Betrachtungen, dass das aufzuwendende Leitungsmaterial in dem

---

[1]) Elektrotechnische Zeitschrift pro 1880, Heft III, S. 88.

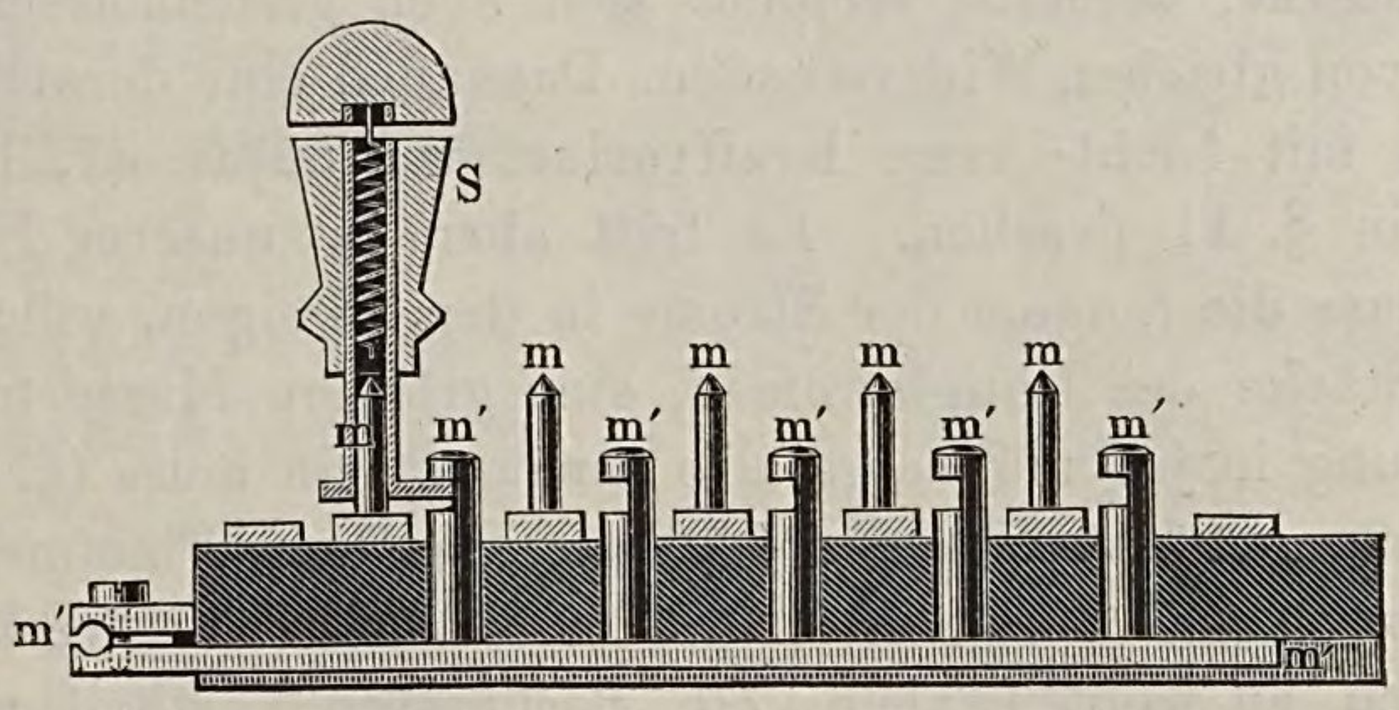
Falle, wo die Entfernung der Lampen von der Stromquelle den grössern Theil der Leitungslängen erfordert, ungefähr im Quadrat der Flammenzahl wächst, wenn die Lichter in getrennten Stromkreisen, statt getheilter Lichter eines Kreises erzeugt werden sollen und der durch die Leitungswiderstände verursachte Verlust an Betriebskraft der gleiche bleiben soll.

Dass die Theilung des elektrischen Lichts allgemein mit Kraftverlust verbunden ist, haben wir bereits in §. 11 zu erkennen Gelegenheit gehabt; es ist dabei auch darauf aufmerksam gemacht, dass und aus welchem Grunde die Hintereinanderschaltung der Lichter der Parallelschaltung überlegen sei. Bei dem uns hier vorliegenden Vergleich steht auf einer Seite die Theilung des Lichts (Hintereinanderschaltung der Lampen in demselben Stromkreise), während auf der andern Seite (Bildung mehrerer Stromkreise aus einer Maschine) die Lichttheilung nur dann in Betracht kommt, wenn wie in unserer Figur 49 zwei oder mehrere Lampen in den einzelnen Stromkreisen brennen. In solchem Falle knüpfen sich daran auch die Nachtheile der Lichttheilung. Wir werden aber in Vorstehendem noch besonders darauf hingewiesen, dass ausser dem durch die Lichttheilung bedingten Kraftverlust, in der Bildung mehrerer Kreise aus der Maschine weitere Verluste an Betriebskraft entstehen. Dass denselben durch grössern Aufwand an Leitungsmaterial zu begegnen, wenn es sich um grössere Entfernungen zwischen der Elektricitätsquelle und dem zu beleuchtenden Raume handelt, ist als besondere Erscheinung nicht zu betrachten. Die durch den Leitungswiderstand an der Lichtwirkung einzubüssende Arbeitskraft lässt sich überall durch Vergrösserung des Querschnitts der Verbindungsdrähte ersetzen, sofern mehr oder weniger beträchtliche Längen das Verfahren unterstützen, wie überhaupt nach dem Ohm'schen Gesetz die Stromstärken J sowohl durch Veränderung der elektromotorischen Kraft E wie des Widerstandes W stets modificirt werden können. v. Hefner-Alteneck beabsichtigt mit seiner desfallsigen Ausführung zunächst auch nur den Vortheil des getheilten Lichts, speciell für die unserer Figur 49 ähnlichen Verbindungen nachzuweisen, in denen bei Anwendung von Theilkreisen aus der Maschine die Theilung des Lichts in mässigen Grenzen erfolgt. Er führt dazu weiter aus, dass mehrere Lichter in einem Stromkreise erfahrungsmässig ruhiger brennen, d. h. weniger flackern als das Einzellicht.

Die Erklärung dafür liegt in dem durch die Lichtbogen gegebenen grössern Gesammtwiderstande [1]), der selbstverständlich durch geringere Widerstandsänderungen weniger beeinflusst wird, als der kleinere Gesammtwiderstand des Stromkreises. Diese Vortheile treffen aber in noch höherem Grade die vollkommenere Lichttheilung durch Hintereinanderschaltung sämmtlicher Lampen in einen Stromkreis, was wir bei Betrachtung der durch die combinirte Verbindung (Figur 49) gebotenen Vortheile nicht vergessen wollen.

Dass auch in der Hintereinanderschaltung einzelne Lichter beliebig gelöscht werden können, wenn man die, jede Lampe in den Leitungskreis einschliessenden beiden Drähte, unter Einschaltung eines dem Leitungswiderstande der Lampe entsprechenden künstlichen Widerstandes, direct verbindet, leuchtet ohne Weiteres ein; es bedarf dazu nur einer sehr einfachen Vorrichtung, welche in der Regel in unmittelbarer Nähe der Lampe angebracht wird, an der durch leichte Manipulation die directe Verbindung nach Bedarf hergestellt und wieder aufgehoben resp. die Lampe gelöscht und wieder entzündet werden kann; während dies bei der Anordnung Figur 49 in bequemerer Weise für ganze Kreise

Fig. 50.



gleichzeitig vom Maschinenraum aus am Umschalter (Fig. 50) erfolgt.

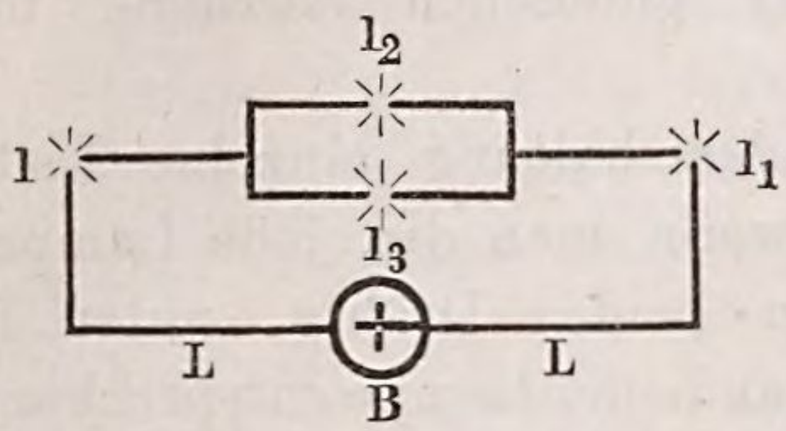
Sollte es bei Hintereinanderschaltung der Lampen aus irgend welchen Gründen wünschenswerth erscheinen, verschiedene Licht-

---

[1]) Man wird aber zu berücksichtigen haben, dass der durch die Zahl der Lichtbogen vergrösserte Widerstand veränderlich ist und dass der nachtheilige Einfluss derselben auch zusammenfallen kann.

stärken in den einzelnen Flammen zu unterhalten, so bietet dazu die Verzweigung des Stromes Gelegenheit. Wir wissen aus §. 13 (Figur 34 a), in welchem Verhältniss sich der in der Hauptleitung L circulirende Strom auf die Zweige L_1 und e/s vertheilt und dass den Veränderungen der Stromstärken auch die Lichtstärken folgen. Hätten in Fig. 51 die mit der Hauptleitung L verbundenen beiden Zweigleitungen gleichen Widerstand, so würde sich dann auch der Hauptstrom zu gleichen Theilen verzweigen und die im Hauptstrom brennenden beiden Lampen $l\,l_1$ würden das stärkste Licht ausgeben, während die in die Zweige eingeschalteten Lampen $l_2\,l_3$, dem getheilten Strom entsprechend, mit schwächerm Licht brennen.

Fig. 51.



In ökonomischer Beziehung wird aber kein Vortheil erreicht, wenn in Stelle eines stärkern Lichtes des Hauptkreises zwei oder mehrere schwächere Flammen in solcher Verzweigung gebildet werden.

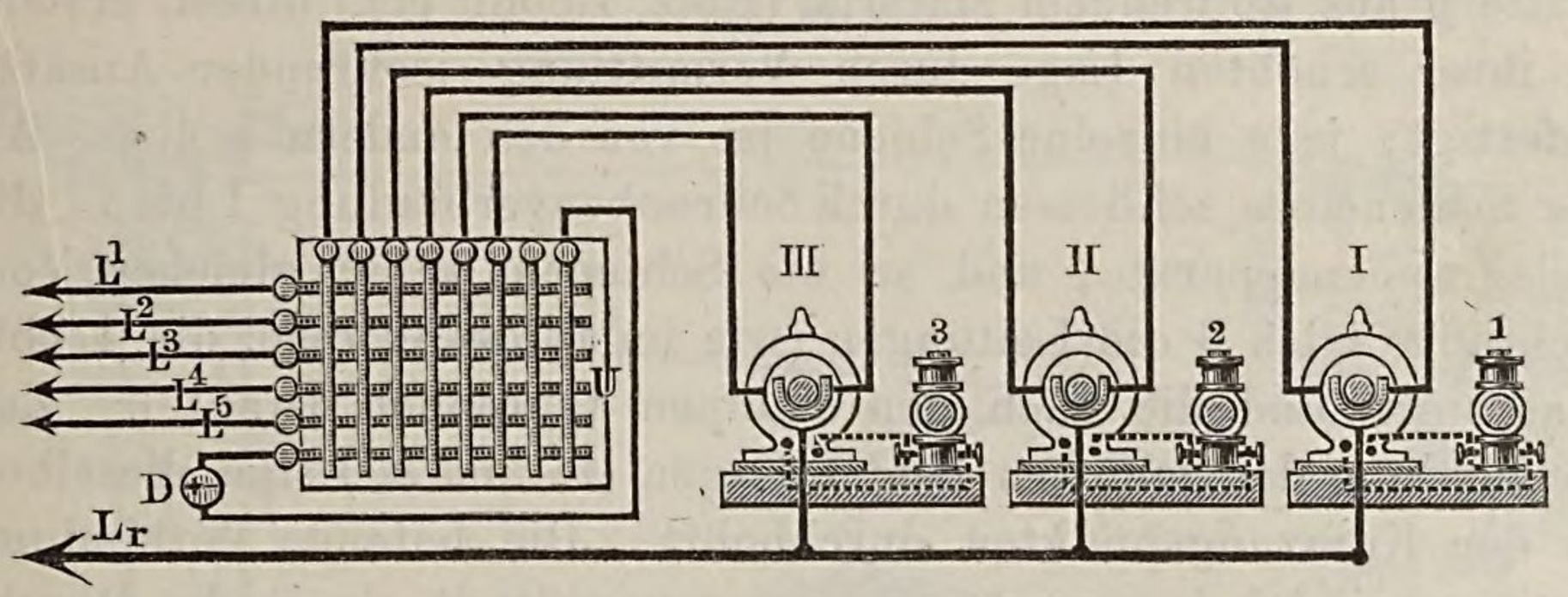
Durch die Parallelschaltung der Lampen wird zwar der Widerstand des Hauptkreises vermindert (S. 83), der Hauptstrom also verstärkt, derselbe vertheilt sich aber gleichmässig auf die Zweige von gleichen Widerständen. Dass auch eine derartige Lichttheilung mit Licht- resp. Kraftverlust verknüpft ist, haben wir bereits in §. 11 gesehen. Es tritt aber in unserm Falle noch hinzu, dass die Summe der Ströme in den Zweigen, welche gleich ist der Stärke des Hauptstromes, eine grössere Masse findet, die Erwärmung in jedem Zweige also geringer sein muss (§. 2, S. 10).

Auch an das zeitweise Löschen einzelner Flammen knüpft sich, abgesehen von dem damit in jedem Falle verminderten Verbrauch an Kohlenstäben, ein pecuniärer Vortheil nur dann, wenn mit dem Austritt der Lampen aus dem Betriebskreise auch der Gang der Maschinen gemässigt werden kann.

Zur Beleuchtung der Empfangshalle des Anhalter Bahnhofes in Berlin (168 m lang, 60 m breit und 35 m hoch) mit 24 Differentiallampen (s. 2. Abschn.), welche in fünf Kreisen brennen und durch drei Wechselstrommaschinen betrieben werden, haben Siemens und Halske die in Fig. 52 dargestellte Leitungsverbindung gewählt.

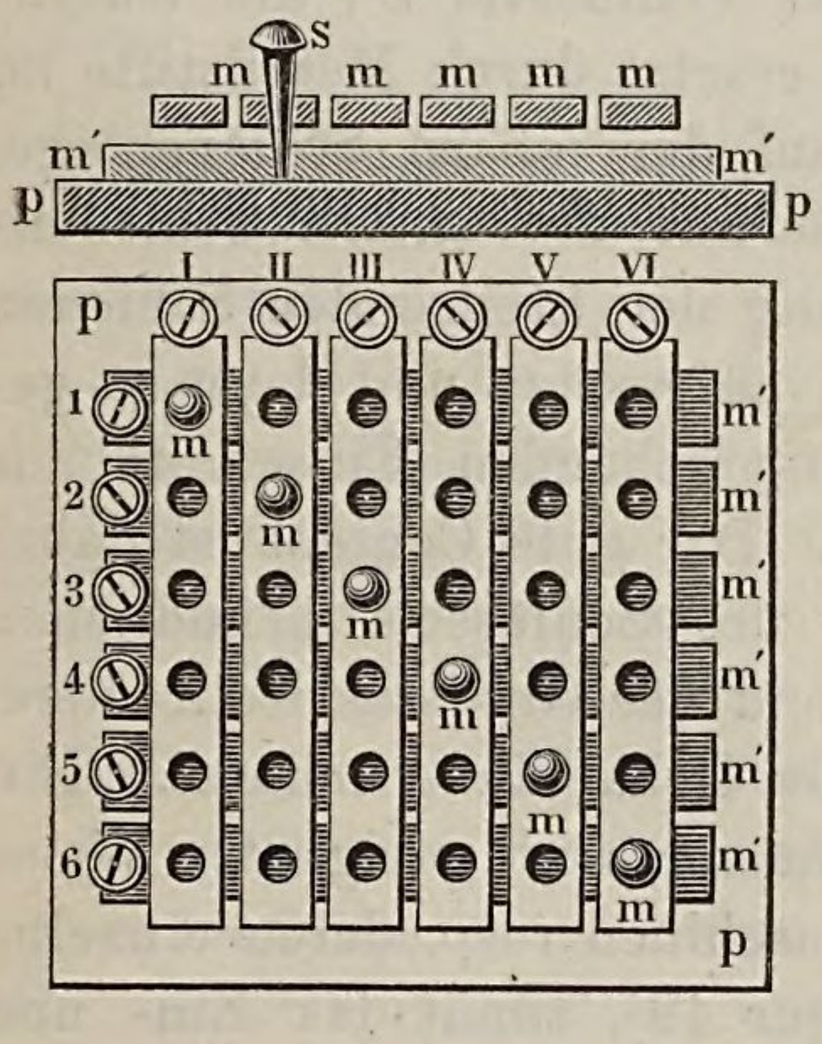
I, II, III bezeichnen die Wechselstrommaschinen (2. Abschn.), 1, 2, 3 die dazu gehörenden dynamo-elektrischen Maschinen (Fig. 13).

Fig. 52.



Letztere liegen mit den Elektromagnetwindungen der Wechselstrommaschinen in je einem besondern Leitungskreis, wogegen die beiden Lichtkreise jeder Wechselstrommaschine an die vertical gestellten Metallschienen des Umschalters *U* führen, während die dieselben kreuzenden, horizontalen Metallschienen die nach der Empfangshalle fortgesetzten fünf Leitungen [1]) anschliessen; eine sechste Verticalschiene bildet die Reserve und eine siebente, mit besonderer Horizontalschiene, giebt Gelegenheit zum Messen der Stromstärken an dem eingeschalteten Dynamometer *D* (Fig. 40). Die gemeinschaftliche Rückleitung *Lr* ist nicht an den Umschalter, sondern direct an die zweiten Pole der Wechselstrommaschinen geführt.

Fig. 53.



Die speciellere Einrichtung des Umschalters *U* zeigt Fig. 50 (a. S. 133). Der Zusammenhang innerhalb desselben ist klarer zu erkennen, wenn wir zunächst den in der Telegraphenverwaltung gebräuchlichen Umschalter (Fig. 53) betrachten, welcher sich zwar in der Grundform von dem für die elektrische Beleuchtung

---

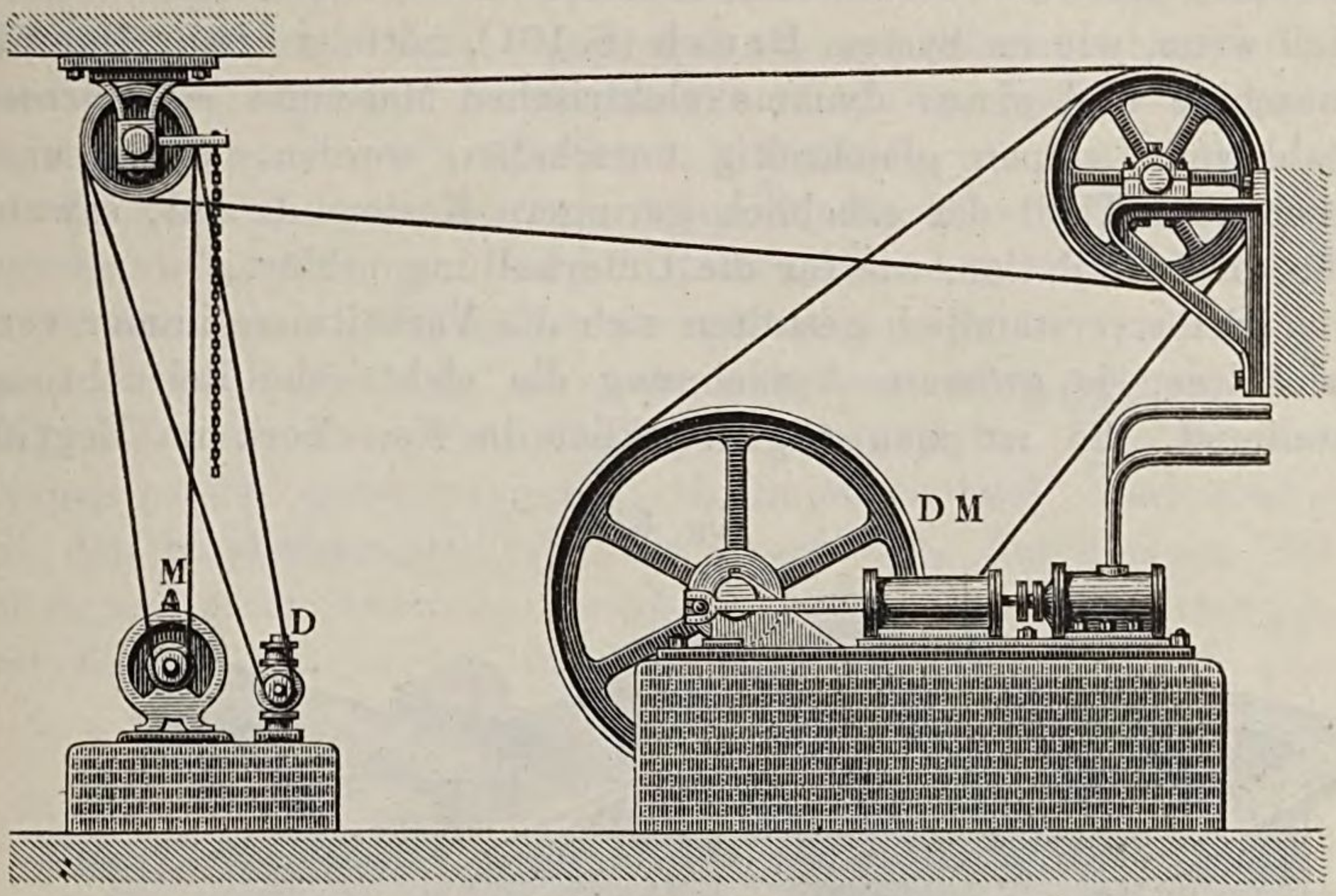
[1]) Die Leitungen sind freie Kupferdrähte, oberirdisch an Porcellanisolatoren geführt.

gewählten Umschalter wesentlich nicht unterscheidet, aber eine leichtere Uebersicht gewährt. Die sich kreuzenden Metallschienen sind darin mit m und m^1 bezeichnet. Letztere sind auf der Grundplatte p aus isolirendem Material (Holz, Ebonit etc.) direct, erstere in ihrer erhöhten Lage durch Vermittlung isolirender Ansätze befestigt; jede einzelne Schiene ist von den andern isolirt. An die Schienen m schliessen durch Schraubenverbindung I bis VI die Telegraphenapparate, und an die Schienen m^1 in gleicher Vorrichtung 1 bis 6 die Leitungen (wie im Bilde 52 resp. die Lichtmaschinen und die nach den Lampen führenden Drähte). Zur Verbindung der Schienen beider Lagen (m und m^1) sind dieselben in den Kreuzungspunkten durchbohrt. Die leitende Verbindung unter zwei sich kreuzenden Schienen vermittelt ein in die Durchbohrung eingeführter Metallstöpsel s mit einem Knopf aus isolirendem Material. Sechs solcher Stöpsel, in der durch die gestöpselten Löcher bezeichneten Ordnung, verbinden sonach $I/_1$, $II/_2$, $III/_3$, $IV/_4$, $V/_5$, $VI/_6$, d. h. die Apparate mit den zugehörigen Leitungen in der Normalstellung. Es ist aber klar, dass in anderer Anordnung der Stöpselung, jeder Apparat mit jeder Leitung in Verbindung gebracht werden kann. Für Figur 50 bedient man sich in Stelle des einfachen Stöpsels eines Schlüssels S; die Durchbohrung der Metallschienen ist hier ersetzt durch Metallstifte m, welche in den Kreuzungspunkten auf der obern Schienenlage, und durch Metallsäulchen m^1, welche auf der untern Schienenlage angebracht sind. Zur Verbindung der kreuzenden Schienen wird der Schlüssel S auf den Stift m aufgesetzt und dann so gedreht, dass sein Ansatz in den entsprechenden Einschnitt des zugehörenden Säulchens m^1 eingreift. Der gute Contact ist dabei durch die Wirkung der innerhalb des Schlüssels befindlichen kräftigen Spiralfeder gesichert, während der Griff aus isolirendem Material gegen Stromableitung bei der Behandlung schützt. Ein solcher Umschalter gestattet in bequemer und geeigneter Weise die beliebige Verbindung der Lichtmaschinen resp. deren einzelne Kreise mit den Lampengruppen (Figur 49), somit das Ein- und Ausschalten einzelner Lampen innerhalb der Gruppenbildung; es vereinigen sich daran die Leitungen innerhalb des Maschinenraumes mit den ober- oder unterirdisch weitergeführten Lampendrähten.

Figur 54 erläutert die Verbindung der Dampfmaschine $D\,M$ mit der Wechselstrommaschine M und der dynamo-elektrischen

Maschine *D* durch Treibriemen. Dass für die elektrischen Maschinen ein solider Grund gebildet wird, ist zur Vermeidung resp. Verminderung von Erschütterungen dringend nöthig, welche bei

Fig. 54.



der bekannten Empfindlichkeit der Einrichtungen ausserordentlich störend wirken.

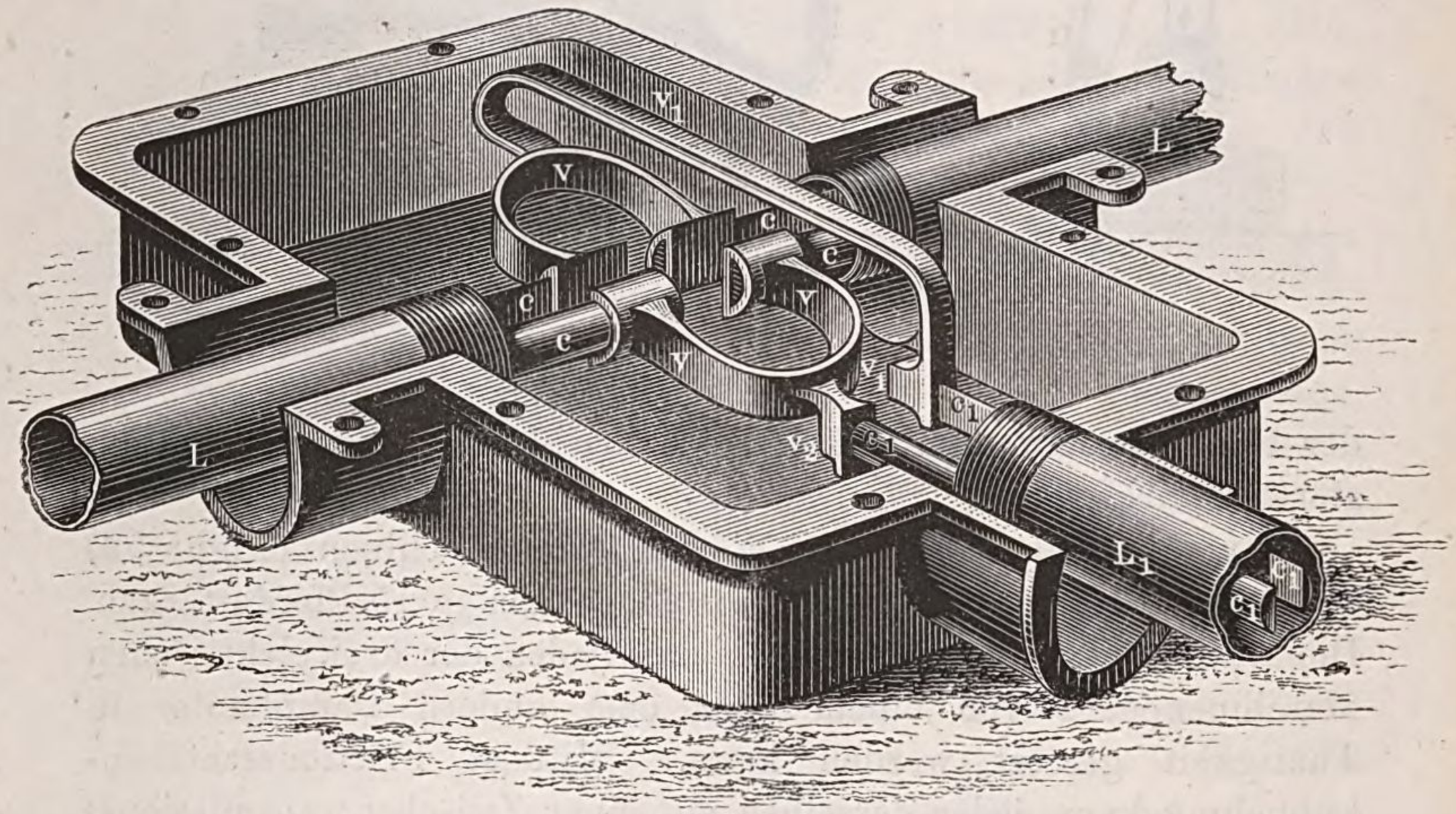
Zum Betriebe der drei Wechselstrommaschinen (Figur 52) dienen zwei Hochdruck-Dampfmaschinen von je 15 Pferdestärken. Die Einrichtung ist so getroffen, dass jedes der drei elektrischen Maschinenpaare von einem oder dem andern Dampfmotor in Thätigkeit gesetzt werden kann. Mittelst Frictionsscheibenkuppelung kann jeder derselben mit einer Zwischentransmissionswelle verbunden werden, welche ihrerseits drei Vorgelege treibt, an welche die elektrischen Maschinenpaare angeschlossen sind, die einzeln ausgerückt werden können. Jedes Maschinenpaar wird an einer gemeinschaftlichen Riemenscheibe, welche an einem dieser Vorgelege sitzt, mittelst zweier auf derselben laufenden Riemen getrieben. Im Uebrigen wird dem Betriebe jedes elektrischen Maschinenpaares durch besondere Dampfmaschine, unter Verzicht auf den Wechsel, der Vorzug gegeben, nicht nur wegen

Erhaltung der gleichmässigen Bewegung, sondern auch zur Vermeidung theuerer Transmissionsanlagen, deren complicirte Riemenverbindung überdies grosse Aufmerksamkeit fordert.

Dass sich die Einrichtung im Betriebe mit continuirlichen Strömen wesentlich vereinfacht, leuchtet ohne Weiteres ein, namentlich wenn, wie im System Brush (S. 101), mittelst einer Dampfmaschine und einer dynamo-elektrischen Maschine eine grosse Zahl von Lampen gleichzeitig unterhalten werden, womit sich auch zum Theil der erheblich geringere Kostenaufwand, sowohl für die Installation, wie für die Unterhaltung erklärt.

Selbstverständlich gestalten sich die Verhältnisse immer verwickelter, je grössere Ausdehnung die elektrische Beleuchtung annimmt. So ist man augenblicklich in New-York im Begriff,

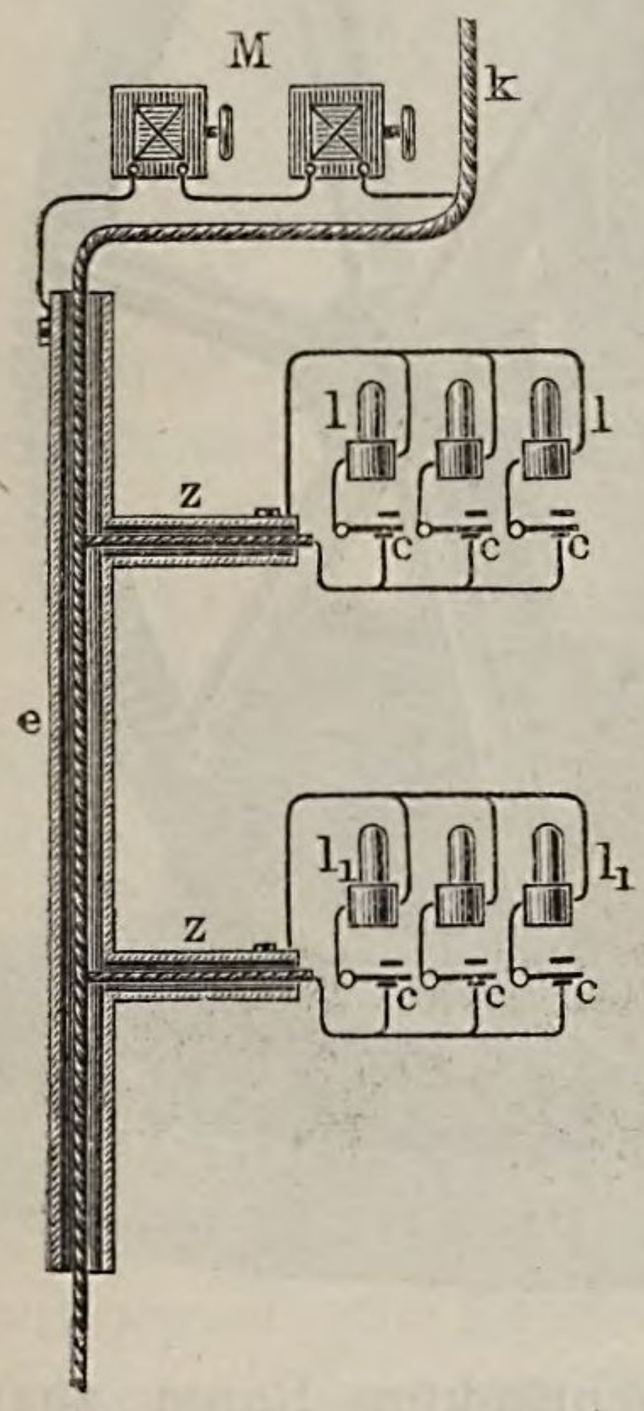
Fig. 55.



ganze Stadtviertel elektrisch zu beleuchten, wozu die Elektricität von einer Centralstelle geliefert werden soll. Vorläufig rechnet man dabei auf einen Betrieb von 16 000 Edison'schen Lampen (2. Abschnitt) unter Aufwendung von 400 Pferdekräften mechanischer Arbeit; die ganze Anlage soll aber zur Entwicklung von 2200 Pferdekräften in der Wirkung auf 12 Edison'sche grosse Maschinen (2. Abschnitt) vorgesehen sein.

Dieser grossartigen Entfaltung entspricht auch die Leitungsanlage. Die Leitung selbst besteht aus gezogenen Kupferstangen von halbrundem Querschnitt, im Durchmesser von 17 mm, deren zwei in Eisenröhren, durch isolirende Masse von einander getrennt, angebracht sind. Die Röhren lagern in einem ppr. 0,5 m tiefen Graben unter dem Strassenpflaster, und die aus den Enden etwas hervorragenden Kupferstangen sind innerhalb besonderer eiserner Kasten durch Kupferbügel, in Löthung, mit der anstossenden Leitung zusammengefügt, während die Eisenröhren in entsprechenden Oeffnungen der qu. Kasten ruhen und mit denselben durch elastisches Bindemittel verbunden werden. Fig. 55 zeigt einen dieser Kasten, in welchem sich eine durchgehende Leitung $L\,L$ mit einer Zweigleitung L_1 vereinigt. Die Kupferstangen $c\,c$ der ersteren sind durch Bügel $v\,v$ und diese wieder mit den Kupferleitungen $c_1\,c_1$ des Zweiges L_1 durch einen Bügel v_1 und einen Ansatz v_2 derart verbunden, dass Ausdehnungen und Zusammenziehungen in der Federwirkung der Bügel ausgeglichen werden. Ein Deckel mit Schrauben schliesst das Innere des Kastens vollständig ab.

Fig. 56.



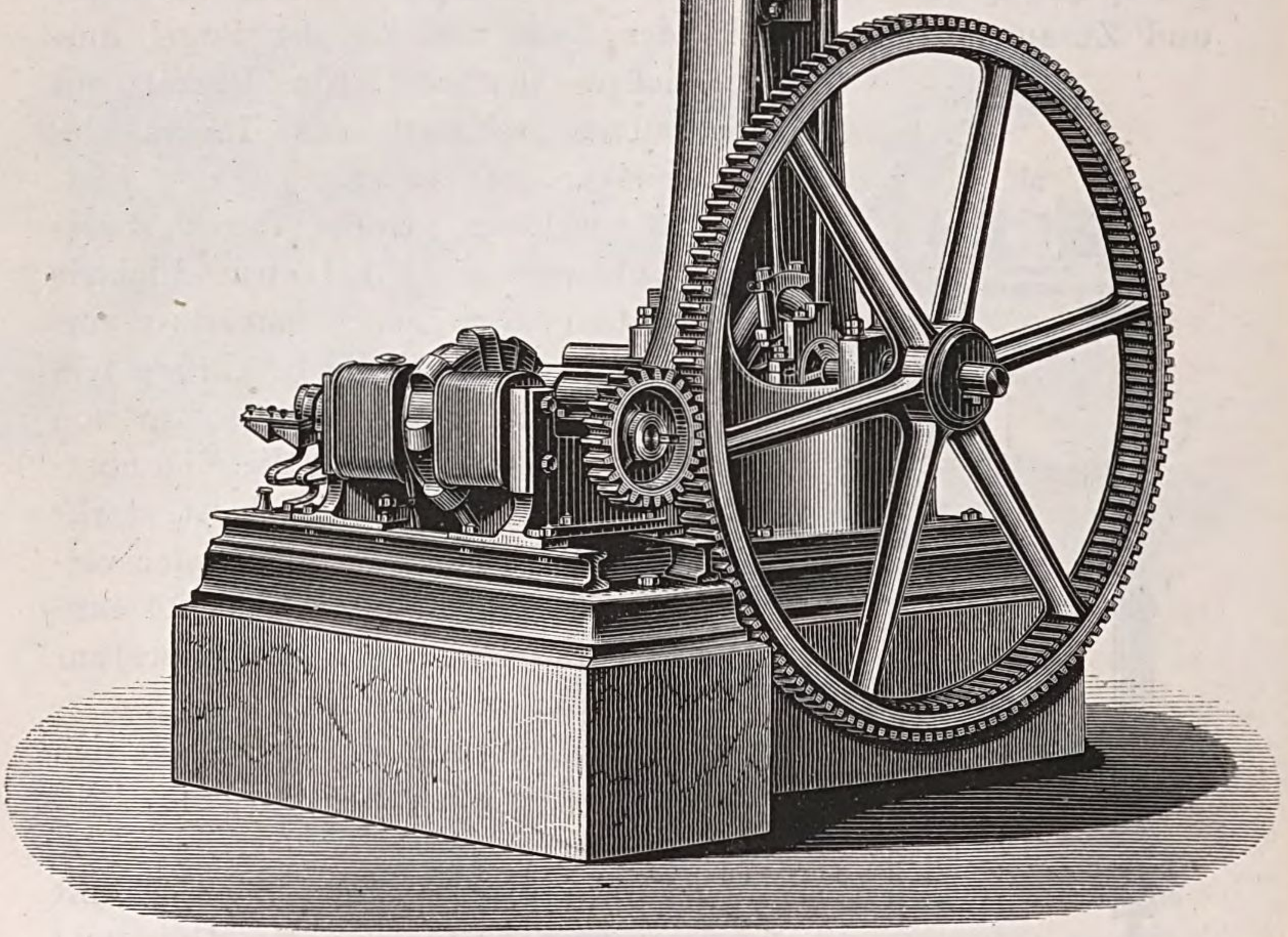
In welchem Grade durch dieses Arrangement der Edison Elektric Light Company dem Stromverlust vorgebeugt wird, muss die Erfahrung lehren. Die Einrichtung ist insofern von besonderm Interesse, als dieselbe unseres Wissens der erste Versuch ist, starke elektrische Ströme in ausgedehnter verzweigter Leitungsführung (hier 14 englische Meilen Länge des Kupferleiters) zur Beleuchtung zu benutzen.

In ähnlicher Anordnung scheint sich Edison aber auch des Kabels (S. 129) zu bedienen, indem er dasselbe, wie Fig. 56 zeigt, in eisernen Röhren e mit Zweigröhren $z\,z$ führt, unter Benutzung des Eisenrohres als Rückleitung. Der Strom der beiden verbundenen Maschinen M tritt hier in die Leitung des

Kabels k ein, führt durch die Zweigleitungen $z\,z$ in die Lampengruppen $l\,l$ und $l_1\,l_1$ und durch das Eisenrohr nach dem zweiten Pol der Maschinen M zurück.

Die Nachtheile des Gleitens der Treibriemen haben wir früher behandelt (S. 47). Diesen Nachtheilen auszuweichen und den

Fig. 57.



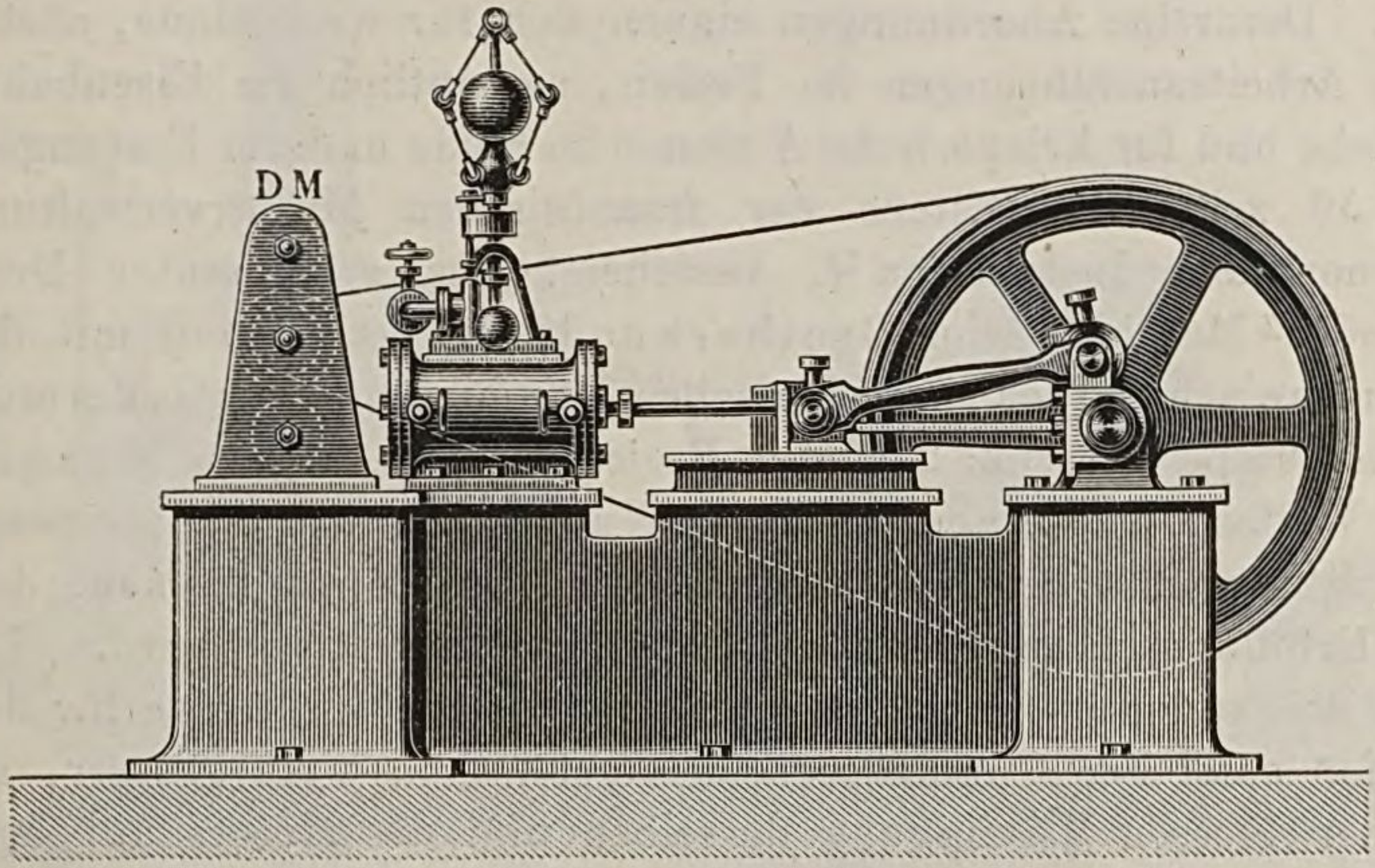
Betrieb der Lichtmaschinen auch im beschränkten Raum zuzulassen, hat man die in Fig. 57 dargestellte Verticalmaschine zum Betriebe der Lichtmaschinen empfohlen, welche den Inductor der

letzteren durch einfache Räderübersetzung dreht und damit vollkommen gleichmässigen Gang sichert.

Die in unserm Bilde mit dem Motor verbundene dynamoelektrische Maschine ist von Brush construirt, welche wir im zweiten Abschnitte behandeln.

Das Bestreben ist in neuerer Zeit mehrfach darauf gerichtet, die Lichtmaschine durch eigenen Motor zu bewegen resp. beide

Fig. 58.



auf demselben Gestell zu vereinigen; und auch für die liegende Dampfmaschine (Fig. 58), welche hier die Gramme'sche dynamoelektrische Maschine *D M* treibt und etwa 2 m Raum in der Länge fordert, hat man die Abmessungen möglichst einzuschränken gesucht.

Solche Arrangements empfehlen sich zur Erhöhung der Regelmässigkeit des Betriebes überall da, wo der Dampf gemeinschaftlichen Kesseln entnommen wird, vorausgesetzt, dass es gelingt, Erschütterungen abzuwenden, welche bekanntlich grossen Einfluss auf die Leistung der Lichtmaschine haben, oder dieselbe so zu construiren, dass die Bewegung weniger empfunden wird. Auf die bezüglichen Arrangements näher einzugehen, würde die Grenzen dieser Arbeit überschreiten; es sind dabei nicht nur Treibriemen und Zahnräder, sondern auch Frictionswalzen und Frictionsscheiben zur Anwendung gekommen, und vielfach ist auch versucht worden, den Motor (bis zu 100 Pferdekräften) direct auf die Lichtmaschinen wirken zu lassen, deren Inductoren

auf gemeinschaftlicher Welle, meist auf beiden Seiten des Motors vertheilt sind.

Der geringe Umfang der Lichtmaschinen gestattet leicht deren Verwendung an jedem beliebigen Ort. Zu grösserer Erleichterung für gewisse dringliche Fälle hat man aber auch Locomobilen mit den Lichtmaschinen und zugehörenden Lampen in vollständiger Leitungsverbindung ausgerüstet, so dass es zur Erzeugung des Lichts nur der Inbetriebsetzung des Motors bedarf. Derartige Anordnungen eignen sich für wechselnde, nächtliche Arbeitsausführungen im Freien, namentlich im Eisenbahnbetriebe und für kriegerische Actionen im Felde und vor Festungen. Fig. 59 zeigt die Seitens der französischen Militärverwaltung angenommene Installation [1]), bestehend aus sogenannter Drei-Cylinder-Maschine von Brotherhood, in Verbindung mit der Gramme'schen dynamo-elektrischen Maschine und der Gramme'schen Lampe (Abschn. 2) nebst Projectionsapparat von Mangin.

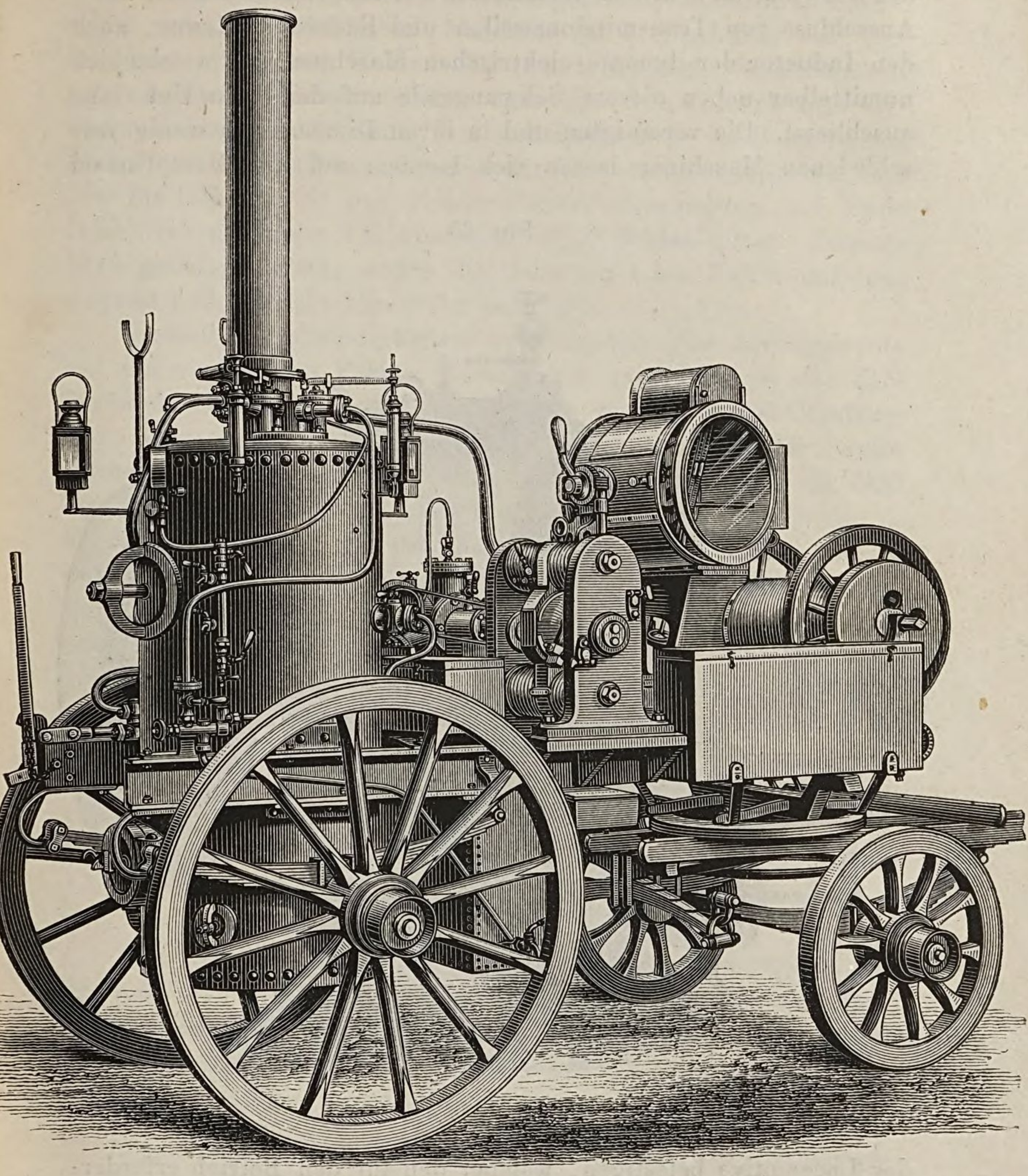
Vielfach wurde aber auch der Wunsch laut, die Schienenwege vom fahrenden Zuge aus elektrisch beleuchten zu können, dessen Erfüllung in neuester Zeit ernstlich angestrebt wird. Die Schwierigkeiten, welche aus der bewegten Lichtmaschine für den Betrieb entstehen, sind hier selbstverständlich weit grösser, als bei der blossen Vereinigung derselben und des Motors auf demselben Gestell, weil das Licht während der Fahrt zu unterhalten ist, bei welcher heftige Bewegungen, starke Stösse etc. unvermeidlich sind. Im Uebrigen konnte es bei der wechselnden Triebkraft der Locomotive für langsame und schnelle Fahrt keinem Zweifel unterliegen, dass deren Bewegung nicht direct für den Betrieb der dynamo-elektrischen Maschine benutzbar ist, zumal die Eisenbahnzüge auch zum Halten genöthigt sind und während dieser Ruhe das elektrische Licht nicht verlöschen darf.

Man erkannte die Nothwendigkeit zur Benutzung eines aus dem Dampfkessel der Locomotive zu speisenden Hülfsmotors, dessen Drehungsgeschwindigkeit, bei völliger Unabhängigkeit von der Locomotive, constant zu erhalten ist. Ein solcher Motor (Fig. 60 a. S. 144) ist von Brotherhood construirt und wie es scheint mit Erfolg zur Verwendung gekommen. Es ist eine sogenannte

---

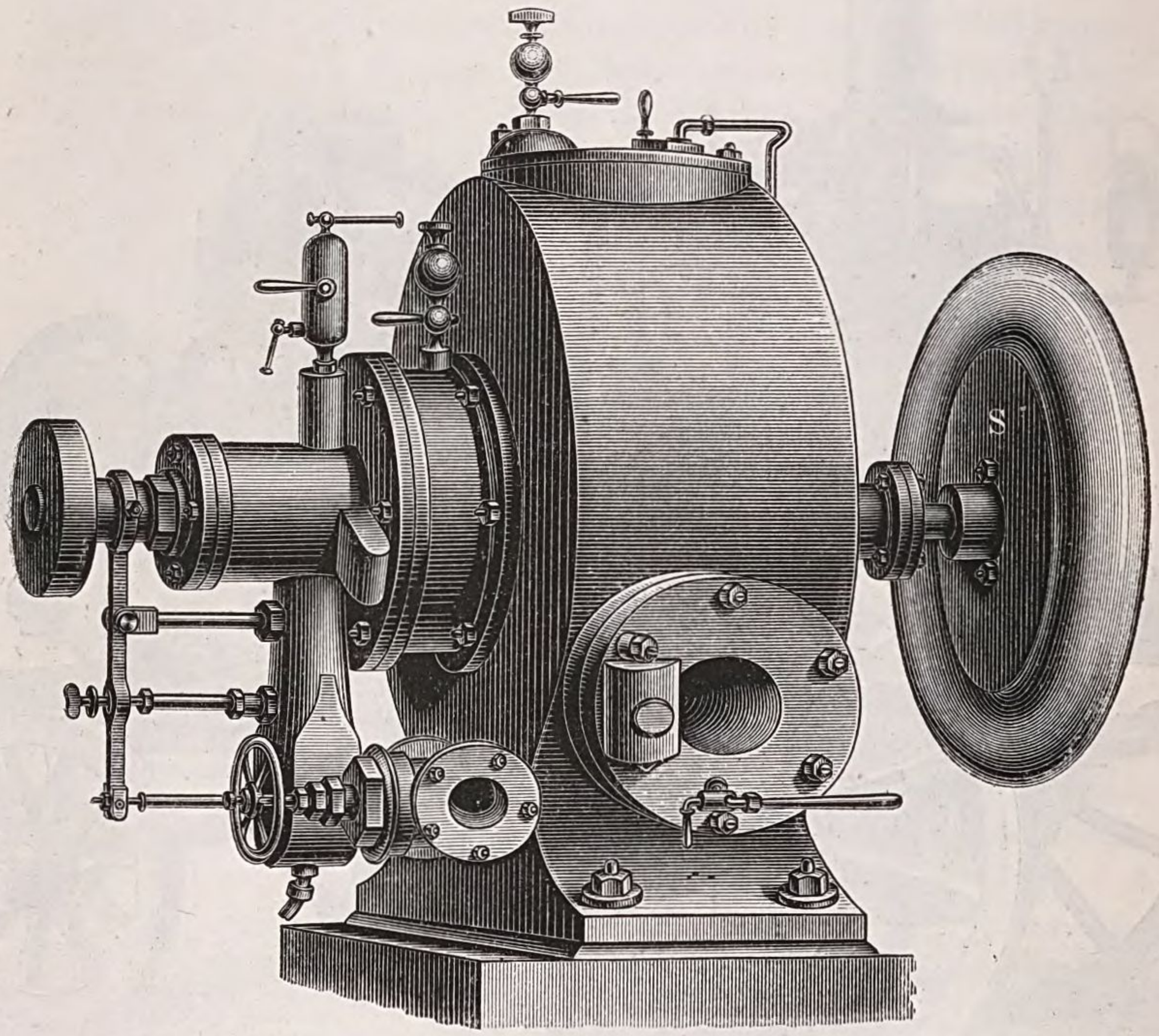
[1]) Engineering, Vol. XXXII bringt S. 650 ein ähnliches Arrangement auf einem Dampffahrzeuge des französischen Armee-Departements.

Fig. 59.



Drei-Cylinder-Maschine, mit Centrifugalregulator, und seine über das Schwungrad S hinaus verlängerte Drehungsachse nimmt, unter Ausschluss von Transmissionswellen und Räderübersetzung, auch den Inductor der dynamo-elektrischen Maschine auf, welche sich unmittelbar neben diesem Schwungrade auf derselben Unterlage anschliesst. Die vereinigten und in ihren Dimensionen wenig verschiedenen Maschinen lassen sich bequem auf dem Dampfkessel

Fig. 60.



der Locomotive befestigen, welcher den für den Betrieb erforderlichen Dampf abgiebt, während die Lampe mit parabolischem Reflector vor dem Schornstein, in Höhe beider Maschinen, Aufstellung erhält.

Besonders empfohlen wird der Gebrauch der neuesten, mit grösserer Sicherheit gegen Bewegungen umgebenen Gramme'schen dynamo-elektrischen Maschine (s. 2. Abschnitt), in Verbindung mit diesem Motor. Zu den bisherigen Versuchen auf österreichischen Bahnen diente dazu die Schuckert'sche dynamo-elektrische Maschine (2. Abschnitt), welche im Betriebe mit drei Pferdekräften (zwei Procent der Locomotivbetriebskraft) bei 700 bis 800 Touren pro Minute, unter Anwendung der Sedlacek'schen Lampe (2. Abschnitt) 3800 Normalkerzen Leuchtkraft geliefert haben, womit die Bahn auf 1 km Entfernung genügend hell beleuchtet gewesen sein soll.

Besondere Schwierigkeiten verursachten die Arrangements auf der vorjährigen Pariser Ausstellung zum Betriebe der dort vorhandenen zahlreichen Lichtmaschinen verschiedenster Construction, deren jede einzelne zur Erzielung des höchsten Effects volle Berücksichtigung verlangte, während es darauf ankam, die Zahl der Motoren möglichst zu beschränken. So wurden mittelst der in Fig. 61 a. f. S. skizzirten Compound-Maschine (Doppelcylinder) [1]) unter Entwicklung einer Kraft von 190 Pferden, nicht weniger als 15 Lichtmaschinen betrieben, welche 168 Lampen und Kerzen unterhielten.

Fig. 61 a (a. S. 147) zeigt die Verbindung dieses Motors im Auf- und Grundriss mit den einzelnen durch Zahlen bezeichneten Lichtmaschinen, meist Gramme'scher Construction, in verschiedenen Grössen, deren Umdrehungsgeschwindigkeit zwischen 1200 und 1800 Touren pro Minute lag.

Ausser dieser Compound-Maschine fanden auf der Pariser Ausstellung besondere Beachtung die Constructionen von Farcot und Carels frères [2]).

Dass an die Motoren zum Betriebe von Lichtmaschinen betreffs des gleichmässigen Ganges besondere Anforderungen gestellt werden müssen, ist bei der Empfindlichkeit dieser Maschinen gegen unregelmässige Bewegungen begreiflich, um so mehr, als die Um-

---

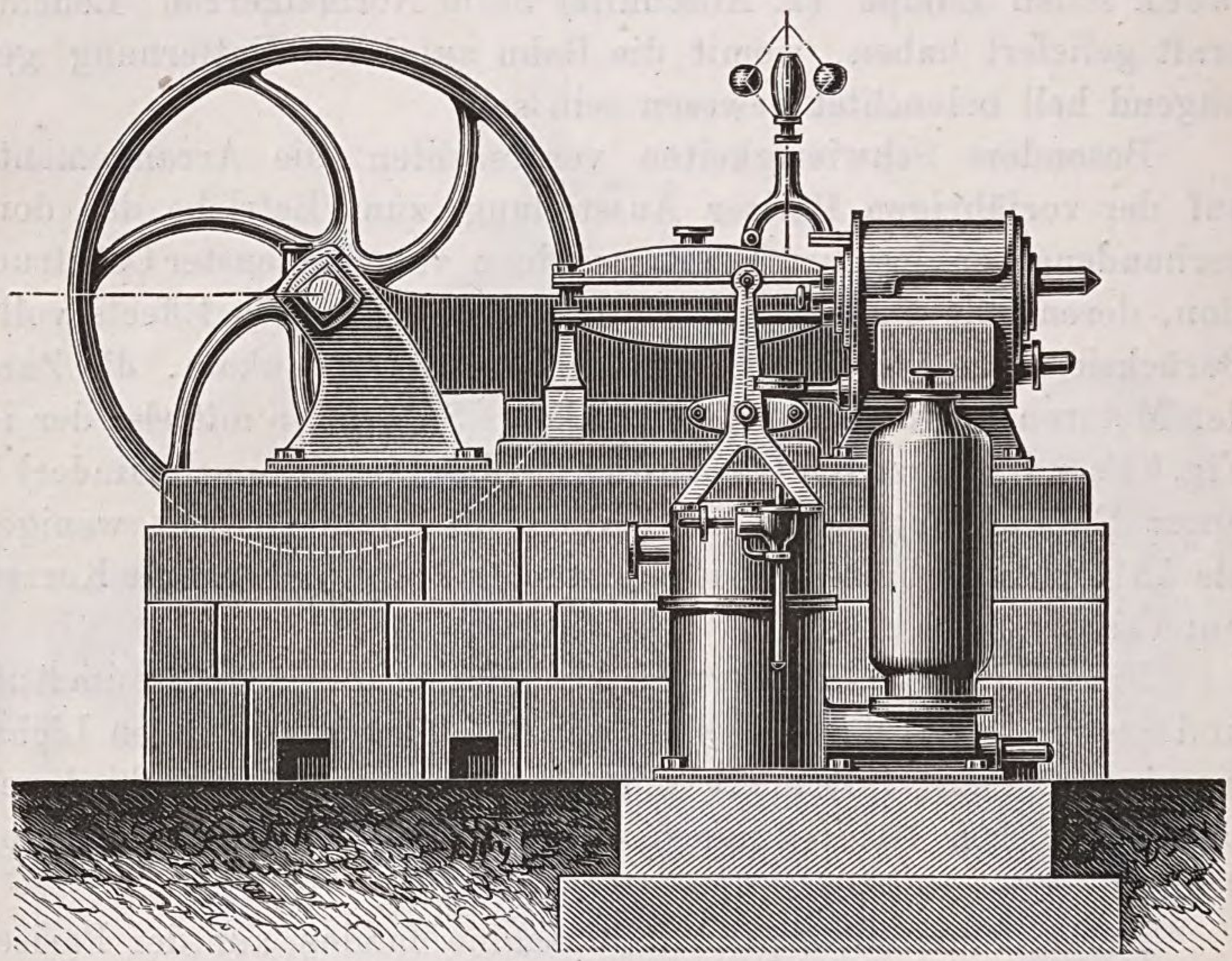
[1]) Beschrieben im „Engineering“ Vol. XIII, p. 312, Vol. XXX, p. 312 und Vol. XXXII, p. 323.

[2]) Die Construction Farcot behandelt „Revue industrielle“ XII. Jahrgang Nr. 46 speciell; und die Beschreibung der Maschine von Carels frères wird hierbei in nahe Aussicht gestellt.

drehungsgeschwindigkeit des Inductors, gegenüber der Bewegung der Dampfmotoren, ausserordentlich gross ist.

Mit der Ausdehnung der elektrischen Beleuchtung tritt selbstverständlich auch die Frage über die mit mangelhaften Anlagen verbundene Gefahr (§. 1) schärfer hervor. In dieser Beziehung hat ein in New-York gebildetes Comité Sachverständiger unter anderen vorgeschlagen: gut isolirte Leitungsdrähte von hoher Lei-

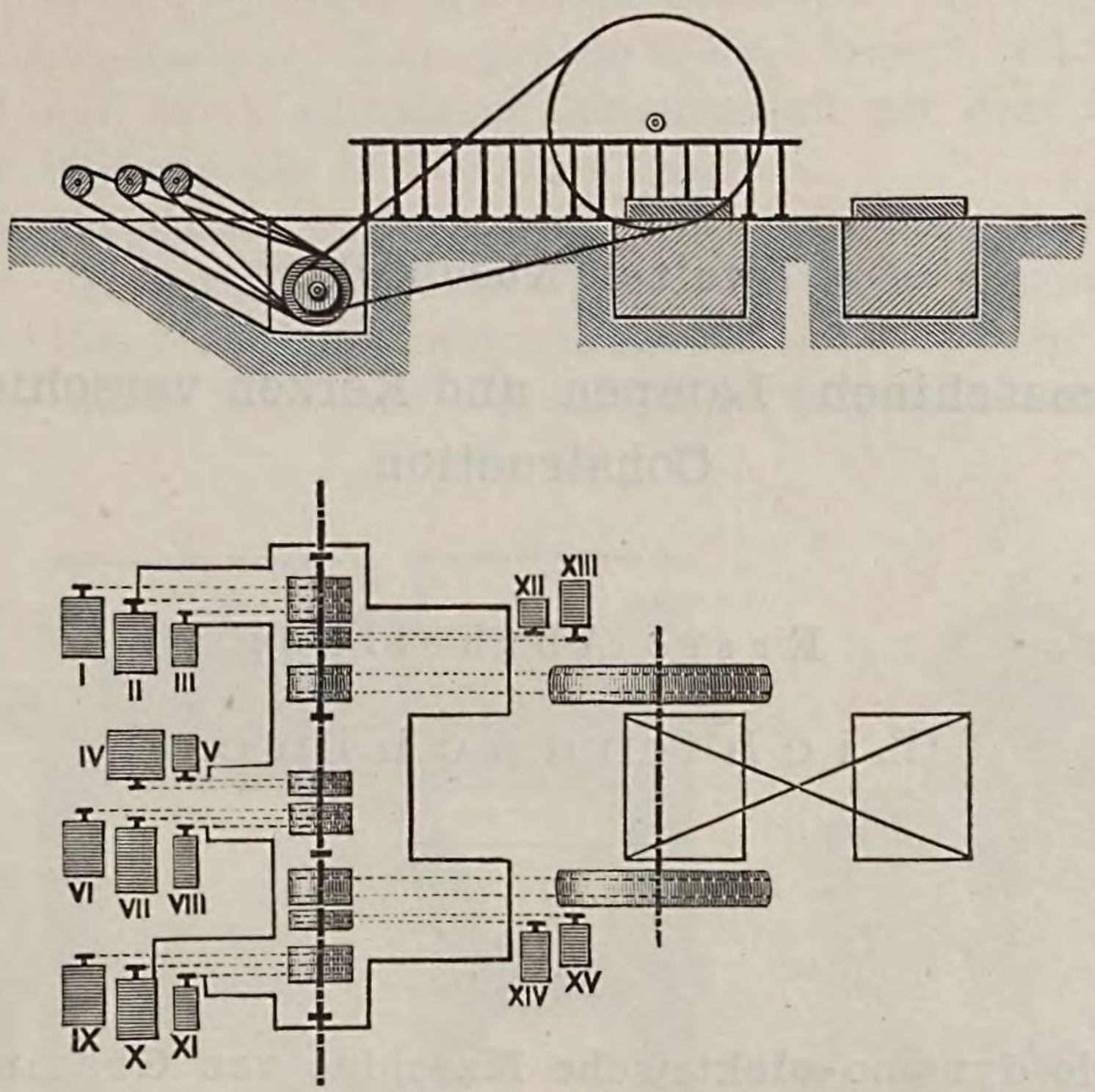
Fig. 61.



tungsfähigkeit für die Zuführung der Elektricität zu verwenden; diese Drähte mittelst nicht leitenden Materials gut und solid zu befestigen und bei freier Führung derselben auf vollständige und bequeme Uebersicht Bedacht zu nehmen; das Abfallen glühender Kohlenstücke durch geeigneten Einschluss der Flammen in Glasglocken zu verhindern eventuell diese Glocken mit Funkenfängern zu versehen; die leitenden Theile der Lampe ebenso wie die Drähte zu isoliren; zur Isolation nur vollkommen geeignetes Material zu benutzen; bei Einleitung der Elektricität in Gebäude Abstellungsvorrichtungen anzubringen und detaillirte Pläne über die Einrichtung der elektrischen Beleuchtung der Prüfung Sach-

verständiger, anerkannter Elektriker, zu unterwerfen. Dieses letztere Verfahren erscheint uns überall in hohem Grade

Fig. 61 a.



wünschenswerth, womit sich übrigens alle sonstigen Punkte erledigen; darin allein ist Sicherheit nach allen Richtungen gewährt.

Zweiter Abschnitt.

Lichtmaschinen, Lampen und Kerzen verschiedener Construction.

Erste Abtheilung.

Lichtmaschinen.

---

§. 18.

Die dynamo-elektrische Maschine von Gramme.

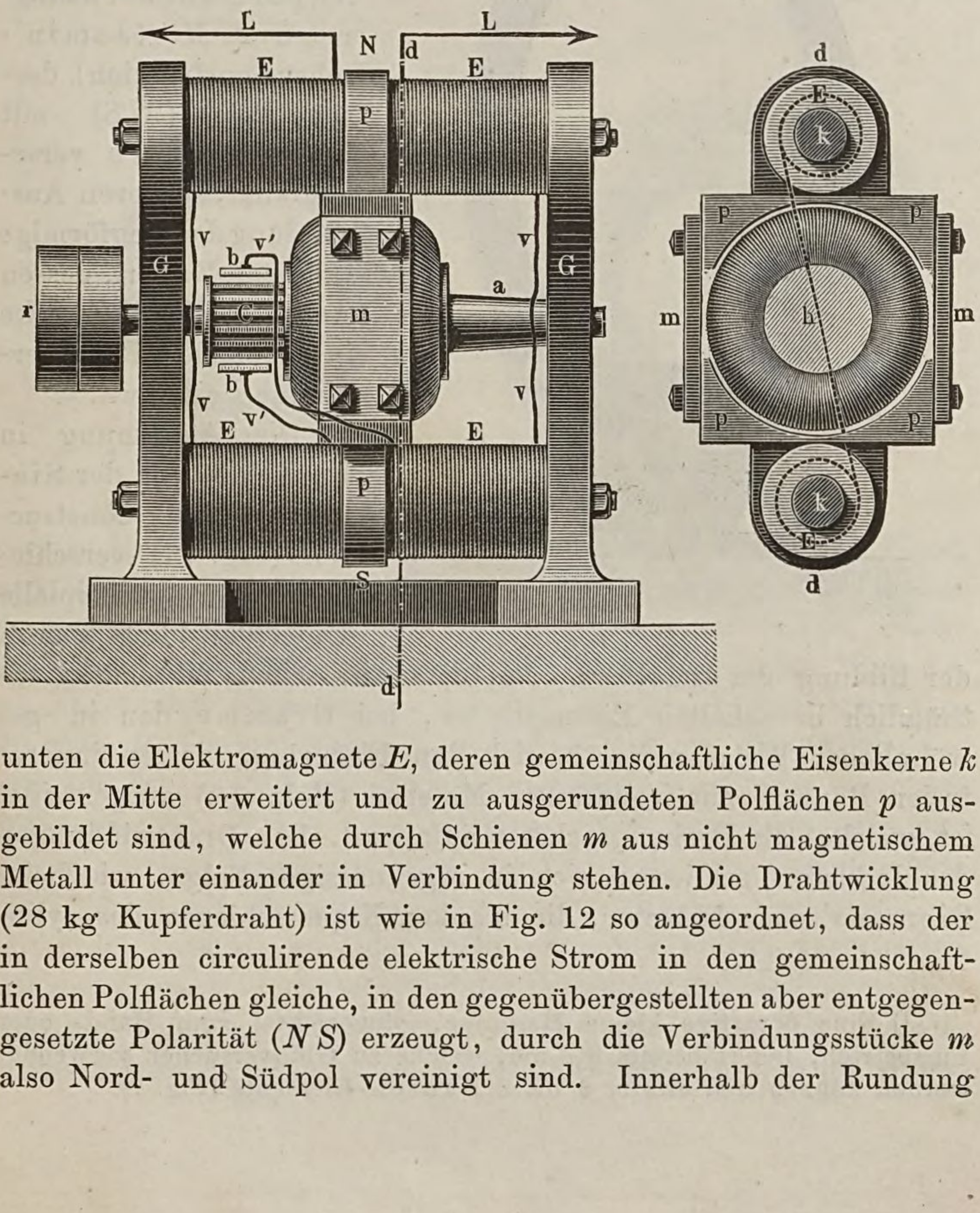
Nachdem wir die elektrische Beleuchtung somit in allen bemerkenswerthen Theilen und Richtungen in systematischem Zusammenhange behandelt und dabei nur solche Constructionen betrachtet haben, welche das Verständniss am leichtesten sichern, wollen wir uns auch denjenigen Lichtmaschinen und elektrischen Lampen resp. Lichtregulatoren zuwenden, welche ausser den im ersten Abschnitt beschriebenen besondere Beachtung verdienen, sei es im Princip oder für den praktischen Gebrauch.

Während der rückliegende für sich geschlossene Theil in allgemein fasslicher, praktischer Darstellung mehr die Theorie trifft, wird in Folgendem ein weiterer Einblick in Constructionen und Constructionsprincipien geboten. Dieser Weg bietet grosse Vortheile darin, dass der Leser, vollkommen vorbereitet, in Betrachtung der verschiedenen Formen meist bekannte Verhältnisse trifft, deshalb leichter die Unterschiede und deren Werth erkennt, mit weit geringerem Zeitaufwand den Zusammenhang der ein-

zelnen Constructionen verfolgt, und indem er im Stande ist Kritik zu üben, ein grösseres Interesse gerade für den Theil mitbringt, der in Verfolgung des Zusammenhanges und Zusammenwirkens der einzelnen Theile gewisse Geduld fordert, welche sich dauernd nur durch allgemeine Bekanntschaft mit dem Einfluss und der Wirkung der Anordnungen erhält.

Wir präsentiren zunächst in Fig. 62 die Gramme'sche Construction der zur Fabrikbeleuchtung bestimmten dynamo-elektrischen Maschine für continuirlichen Strom. Mit dem Eisengestell *G* durch Schrauben fest verbunden zeigen sich oben und

Fig. 62.

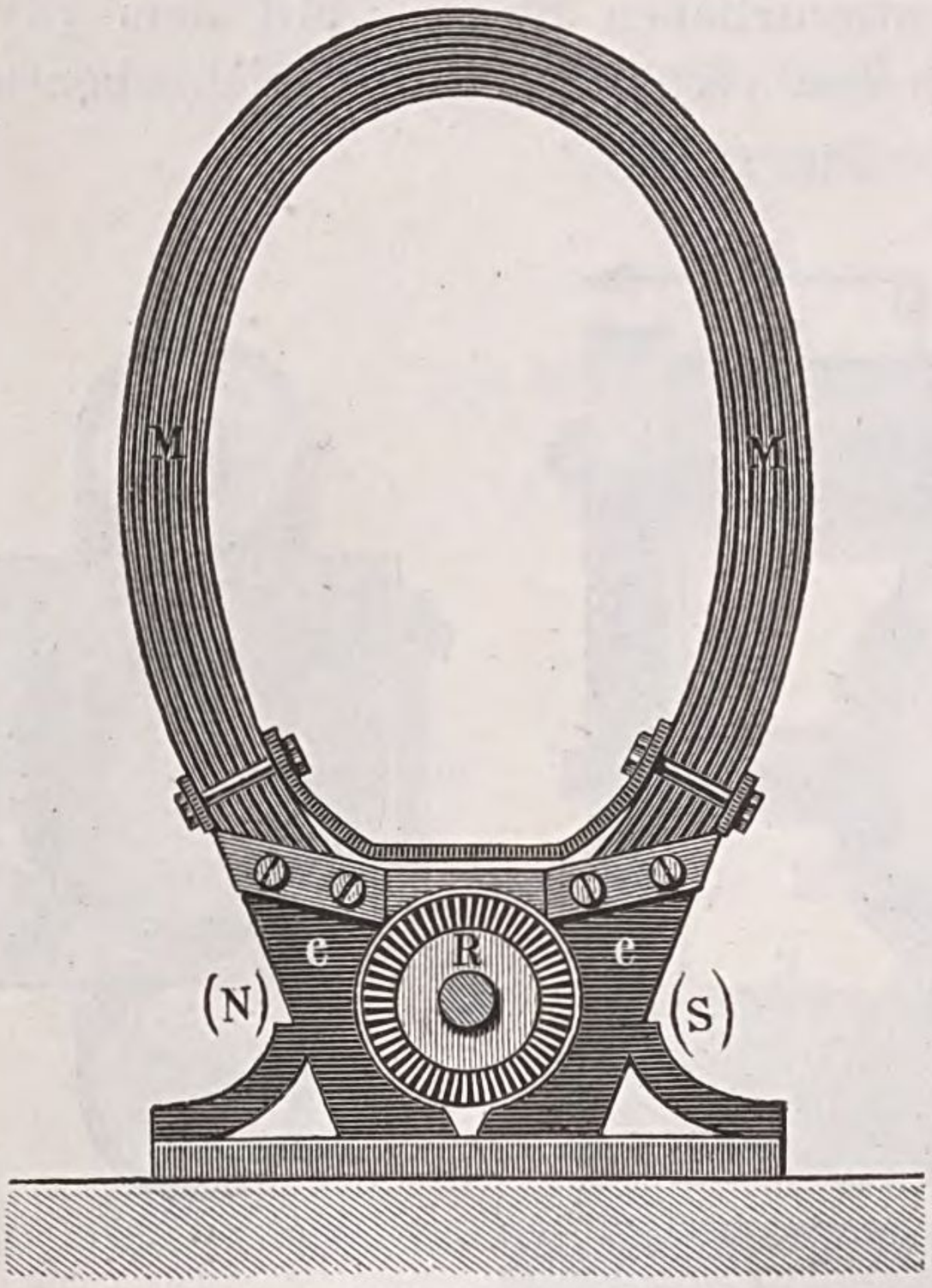


unten die Elektromagnete *E*, deren gemeinschaftliche Eisenkerne *k* in der Mitte erweitert und zu ausgerundeten Polflächen *p* ausgebildet sind, welche durch Schienen *m* aus nicht magnetischem Metall unter einander in Verbindung stehen. Die Drahtwicklung (28 kg Kupferdraht) ist wie in Fig. 12 so angeordnet, dass der in derselben circulirende elektrische Strom in den gemeinschaftlichen Polflächen gleiche, in den gegenübergestellten aber entgegengesetzte Polarität (*N S*) erzeugt, durch die Verbindungsstücke *m* also Nord- und Südpol vereinigt sind. Innerhalb der Rundung

beider Polflächen befindet sich ein ringförmiger Inductor, der in fester Verbindung mit der Achse *a*, vermittelst der Riemenscheibe *r* durch mechanische Kraft in Rotation gesetzt werden kann.

Dasselbe Bild tritt uns deutlicher in der einfachen magnetelektrischen Maschine von Gramme entgegen (Fig. 62 a)[1]). In Stelle der Elektromagnete finden wir hier den aus magnetisirten Stahlblättern von etwa 1 mm Stärke zusammengesetzten permanenten Magneten *MM* (Jamin'scher Construction), dessen Pole (*N S*) mit Eisenarmatur *e e* versehen sind, in deren Ausrundung der ringförmige Inductor *R* rotirt, dessen Achse zu diesem Zwecke in einfache Räderverbindung eingreift.

Fig. 62 a.



Die Anordnung in Fig. 62 ist von der Siemens'schen Construction (Fig. 11) verschieden; der principielle Unterschied liegt aber in der Bildung des Inductors. Bei Siemens sehen wir den eigenthümlich bewickelten Eisencylinder, bei Gramme den in gewöhnlicher Weise radial bewickelten Eisenring, dessen innerer freier Raum *h* mit isolirendem Material (Holz etc.) ausgekleidet ist, welches die Drehungsachse *a* aufnimmt. Den Drahtwindungen des Inductors schliessen sich in regelmässiger Folge, wie beim Siemens'schen Inductor, die blanken Kupferschienen des cylin-

---

[1]) Eine derartige kleine Maschine, eingerichtet zum Hand- oder Fussbetrieb, liefert bereits Ströme, welche zu Glühversuchen verwendet werden können und ersetzt 6 bis 8 Bunsen-Elemente (Fig. 7).

drischen Commutators C an, auf denen, wie dort, Metallbürsten (durch b markirt) schleifen, welche in gleicher Verbindung zwei freie Enden $v'v'$ der Elektromagnetwicklung aufnehmen, während die anderen beiden freien Enden derselben an die freie Drahtleitung LL anschliessen. Die oberen beiden Schenkel der Elektromagnete EE stehen mit den unteren durch die Drähte vv in Verbindung.

Um die Gramme'sche Maschine in ihrer Wirkung kennen zu lernen, haben wir bei unserer Bekanntschaft mit dem dynamoelektrischen Princip nur noch deren Inductor ins Auge zu fassen. Betrachten wir zu diesem Ende einen oben und unten geöffneten Ring e (Fig. 62 b) aus weichem Eisen, unter dem Einfluss

Fig. 62 b.

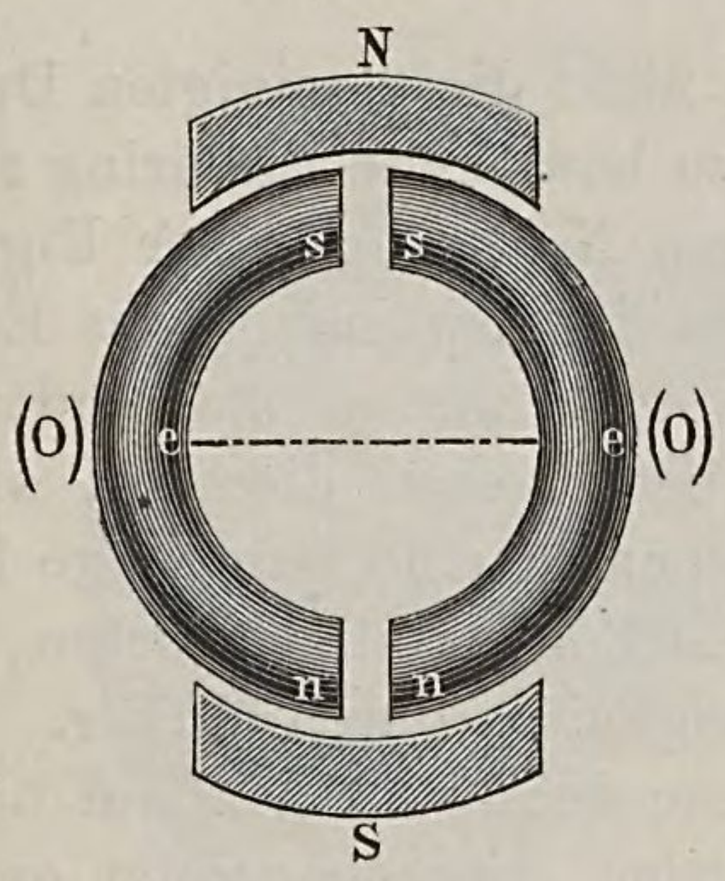
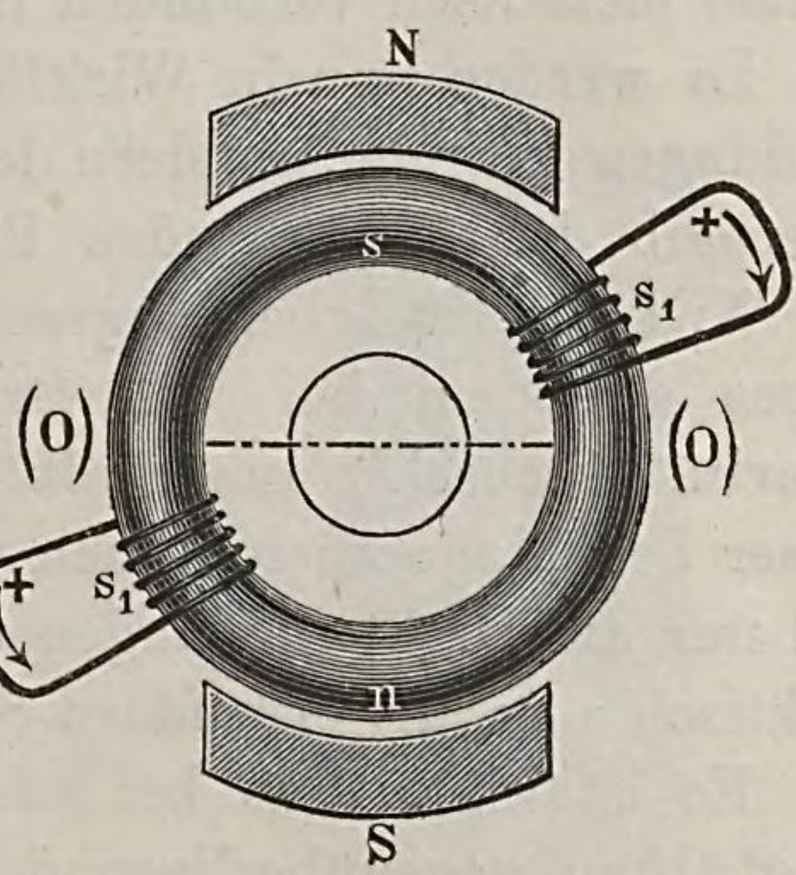


Fig. 62 c.



zweier Magnetpole N und S, so ist anzunehmen, dass der Nordpol Südmagnetismus und der Südpol Nordmagnetismus in der Lage ss und nn im Ringe inducirt, jeder der beiden Theile desselben also einen Stabmagneten darstellt, in dessen Mitte bekanntlich der Magnetismus gleich Null ist (Indifferenzpunkt). Dasselbe Bild zeigt aber auch der geschlossene Ring (Fig. 62 c) unter gleichem Einfluss. Der Magnetismus des Ringes ist in der Nähe der Pole N und S am stärksten, weil aus geringerer Entfernung erregt, und nimmt in der Richtung auf die Nullpunkte ab. Führen wir über diesen Ring die geschlossene Drahtspirale s_1, so findet dieselbe an jeder Stelle in seiner Stärke veränderten Magnetismus, wodurch während der Bewegung der Stärke des Magnetismus entsprechende Inductionsströme, also solche von verschiedener Stärke im Drahtkreise gebildet werden. In gleicher Weise,

aber weit schwächer, wirken die Pole $N . S$ direct auf die bewegte Spirale s_1 [1]). Beide Wirkungen erfolgen in demselben Sinne und verstärken sich somit gegenseitig. Diese Inductionsströme wechseln ihre Richtung in den beiden über und unter den Nullpunkten liegenden Ringhälften, nach Maassgabe der Pfeile, welche die Richtung des positiven Stromes bezeichnen mögen.

Mit solchen Spiralen ist nun der Gramme'sche Ring (Fig. 62 d) auf seiner ganzen Oberfläche bekleidet. Sämmtliche in gleichem Sinne gewickelte Spiralen stehen unter einander in directer Verbindung, bilden also einen geschlossenen Drahtkreis; aus diesen Verbindungen führt aber je ein Metallleiter m nach je einer Kupferschiene k des Commutators (C), so dass jede Kupferschiene mit dem Ende der einen und dem Anfang der folgenden Spirale metallisch verbunden ist.

Es werden nun in Wirklichkeit nicht die vereinigten Drahtwindungen gedreht, sondern der ganze bewickelte Eisenring rotirt innerhalb der feststehenden Polflächen NS, resp. p der Fig. 62. Die Wirkung ist dabei, abgesehen von der Erwärmung des Eisenringes aus dem bei der Drehung fortwährend stattfindenden Polaritätswechsel [2]) innerhalb desselben, genau dieselbe, als ob ausser den Magnetpolen auch der Eisenring eine feste Lage hätte und nur die Drahtwicklungen mit dem Commutator rotirten, was praktisch nur mit besondern Schwierigkeiten durchführbar.

Es ist klar, dass bei solcher Anordnung in den auf beiden Ringhälften gegenüberliegenden Spiralen entgegengesetzt gerichtete Ströme circuliren, welche sich in der gemeinschaftlichen Verbindung sämmtlicher Spiralen in ihrer Wirkung aufheben würden, wenn nicht für passende Ableitung, behufs Arbeitsleistung in einem äussern Drahtkreise, gesorgt wäre. Diese Ableitung fällt den an feststehenden Theilen befindlichen schleifenden Drahtbürsten b (Fig. 62 d) zu. Dieselben verbinden thatsächlich in jeder Lage des Commutators zwei diametral gegenüberliegende Drahtspiralen, welche die Grenze für beide Ringhälften [3]) bilden, so

---

[1]) Wie die vom Strom durchflossene Spirale (Fig. 14) Eisen magnetisirt, so werden umgekehrt auch durch Magnete ausserhalb der Spirale, bei bestimmter Bewegung, elektrische Ströme in derselben erzeugt.

[2]) S. S. 44.

[3]) Mit Berücksichtigung der Verschiebung der Nullpunkte (§. 6, S. 46).

dass die in denselben aus der Summe der in den einzelnen Spiralen erzeugten positiven Ströme, deren Richtung durch Pfeile bezeichnet ist, über *m*, *k* und *b* vereint in den äusseren Leitungskreis *L* eintreten können, wie wir solches bereits im §. 5, S. 32 näher betrachtet haben. Je weiter die Polflächen den rotirenden Ring umfassen, und je mehr Drahtspiralen nach dem Commutator verzweigen, je mehr Theile (Kupferschienen) derselbe also führt, desto gleichmässiger treten die inducirten Ströme über die Schleifbürsten in den äussern Kreis *L*, um als continuirlicher Strom in demselben zu verlaufen.

Der Querschnitt des Eisenringes in der Gramme'schen dynamo-elektrischen Maschine ist aber nicht rund, sondern zur Verstärkung der Wirkung radreifenförmig (Fig. 62 e); er wird nicht

Fig. 62 d.

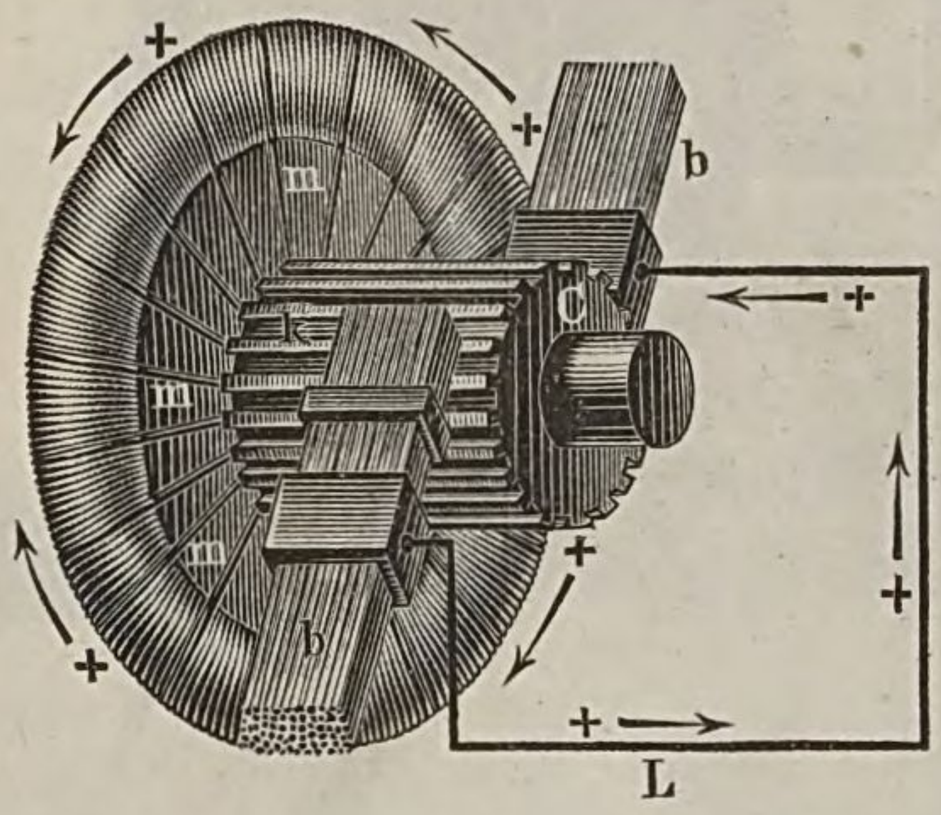
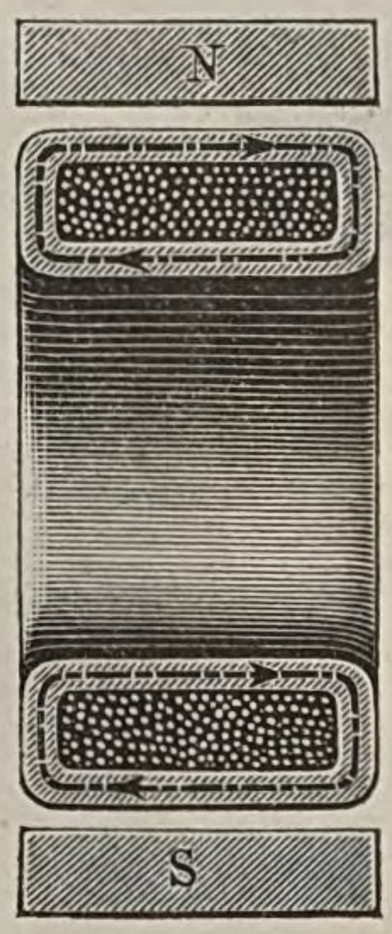


Fig. 62 e.

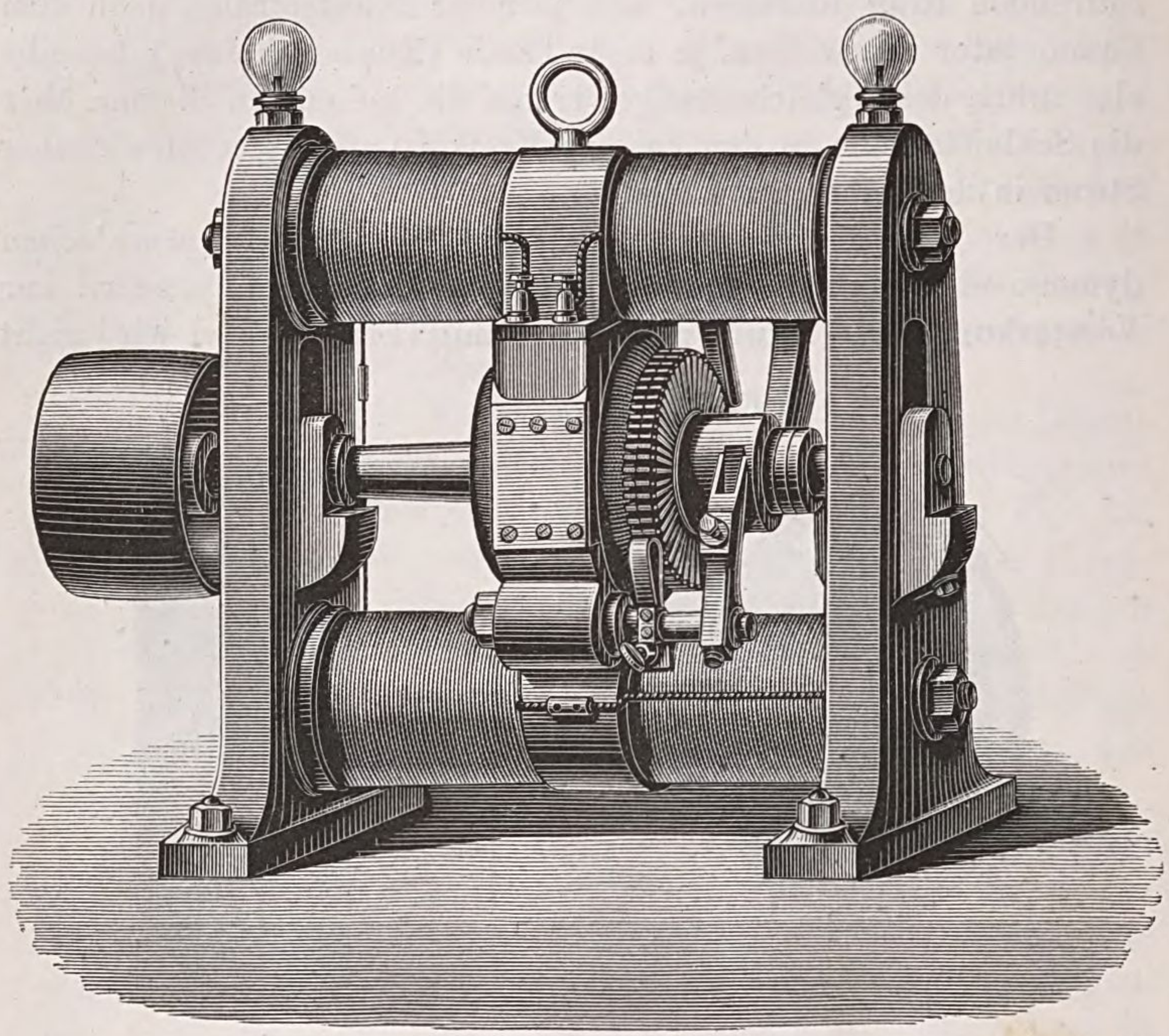


aus massivem Eisen, sondern zu gleichem Zwecke, aus einem Bündel isolirter Eisendrähte [1]) gebildet, welche erfahrungsmässig dem Wechsel der Polarität aus dem Einfluss der Polflächen *N* und *S* besser zu folgen im Stande und am wenigsten den Störungen aus Nebenwirkungen der Induction innerhalb der Eisenmasse ausgesetzt sind. Die Bewicklung (durch gebrochene Linie angedeutet) entspricht der Form des Drahtkerns und wird aus dünneren isolirten (besponnenen) Kupferdrähten (4,5 kg) gebildet, um bei genügend grosser Windungszahl, zur Verstärkung der Wir-

[1]) Die Isolation derselben wird meist durch Lacküberzug der einzelnen Drähte bewirkt.

kung, möglichst geringe Entfernung zwischen Eisendrahtkern und Polfläche zu erzielen. Das eigentlich kräftig wirksame sogenannte magnetische Feld liegt hier innerhalb des Raumes zwischen diesen beiden Theilen [1]), es werden deshalb in den äusseren d. h. den

Fig. 62 f.



innerhalb des kräftigen magnetischen Feldes liegenden Windungen des Ringes ungleich stärkere Ströme inducirt als in den inneren; und nach allgemeiner Annahme wird ein Theil des stärkern Stromes aus den äusseren Windungen durch die in den inneren

---

[1]) Zwischen den entgegengesetzten Polen zweier Magnete resp. Elektromagnete, welche in ihrer vereinten Wirkung auf einander gewissermaassen die kleinsten Theilchen der eingeschlossenen Luft polarisiren (Polarstellen). Das magnetische Feld ist um so kräftiger, je stärker der Magnetismus und je kleiner die Entfernung der gegenübergestellten Pole ist (s. S. 30).

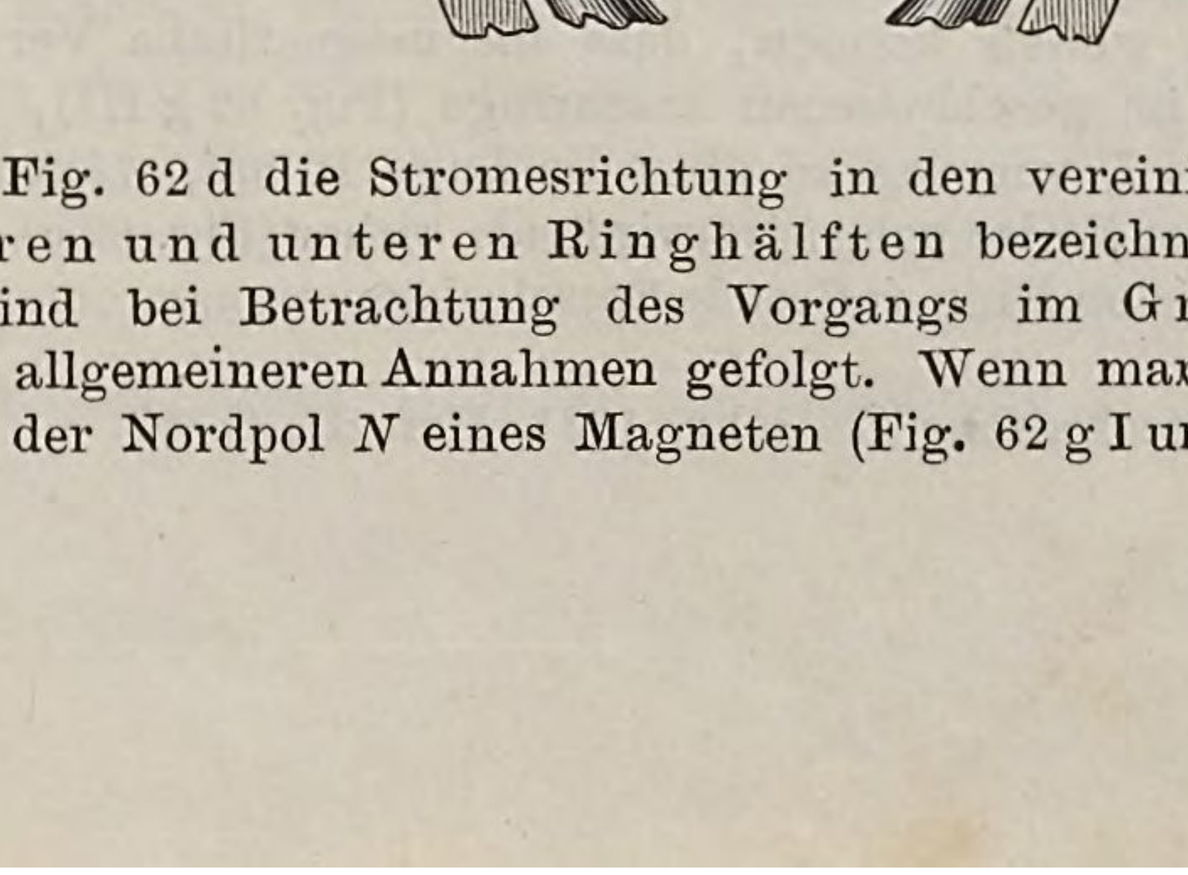
Windungen entstehenden schwächeren Inductionsströme entgegengesetzter Richtung aufgehoben. Diese störende Gegenwirkung [1]) und die nutzlose Vergrösserung des Leitungswiderstandes durch die inneren Windungen macht man der Gramme'schen Construction zum Vorwurf; während Gramme selbst, in dem Umstand, dass sich der aus den magnetischen Polflächen inducirte Magnetismus seines Ringes in dessen äusseren Flächen concentrirt, die Hauptursache der allerdings anzuerkennenden starken Stromerzeugung erblickt. Jedenfalls kann nicht in Abrede gestellt werden, dass bei verschieden schneller Rotation des Inductors andere Vorgänge aus der Trägheit der Molecüle des Eisens etc. auftreten können, welche die Leistung der Maschine begünstigen [2]).

Zur Vervollständigung der Vorstellung von der Gramme'schen Construction fügen wir (Fig. 62 f) eine Hauptansicht der Maschine für Fabrikbeleuchtung bei.

---

[1]) Durch die Pfeile in der Fig. 62 e haben wir den Verlauf des wirksamen Stromes im Querschnitt des Ringes ohne Rücksicht auf die Gegenwirkung aus der innern Windung ausgedrückt, während die Pfeile in Fig. 62 d die Stromesrichtung in den vereinigten Windungen der oberen und unteren Ringhälften bezeichnen.

Fig. 62 g.



[2]) Wir sind bei Betrachtung des Vorgangs im Gramme'schen Inductor den allgemeineren Annahmen gefolgt. Wenn man aber berücksichtigt, dass der Nordpol *N* eines Magneten (Fig. 62 g I und II) einen in

Es ist schon früher darauf aufmerksam gemacht, dass die stattgehabten Vergleichsversuche mit verschiedenen Maschinen sichern Anhalt nicht gewähren. Dieselbe Ansicht ist in einem Aufsatze [1]) über amtliche derartige Versuche aus neuerer Zeit ausgesprochen. Es heisst darin:

„Da die bisher bekannten Messungen starker Ströme „in grösserm oder geringerm Grade von den verschiede-„nen Constructeuren beeinflusst wurden, so dürfte es von „Interesse sein, diese von ganz unbefangener Seite aus-„geführten Messungen kennen zu lernen etc.“

Während ältere Versuche zu Gunsten der Siemens'schen Constructionen sprechen, wird in dieser amtlichen Behandlung die Ueberlegenheit der Gramme'schen Lichtmaschinen nachgewiesen, namentlich hervorgehoben: das kräftigere Licht resp. die grössere Nutzarbeit im Lichtbogen, die leichtere Bedienung und geringere Erwärmung der Maschine, geringere Funkenbildung am Commutator, deshalb geringere Abnutzung desselben und der Bürsten, deren Stellung leichter zu reguliren etc. Von besonderm Interesse daraus dürfte auch die Beobachtung sein, dass sich bei der Gramme'schen Maschine die Elektromagnete stärker erwärmen als der rotirende Inductor, während bei Siemens' Maschine das Umgekehrte stattfindet. Dies hätte insofern einen nicht unerheblichen praktischen Werth, als es zur Controle über den Wärmegrad der Gramme'schen Maschine des Anhaltens derselben resp. der Unterbrechung des Betriebes nicht bedarf. Wie weit hier überall das Rechte getroffen ist, wollen wir nicht beurtheilen; jedenfalls ist aber die Unbefangenheit des Versuchscomitée allein nicht die volle Gewähr dafür; dass indess

---

seiner Nähe befindlichen Eisenstab *e* verschieden, in der durch *s n* markirten Polarität, magnetisirt, je nachdem die schmale oder breite Seite dem Nordpol gegenübersteht, so wird man auch nicht ohne Weiteres von der Hand weisen können, dass die magnetische Vertheilungskraft aus *N* und *S* im geschlossenen Eisenringe (Fig. 62 g III), welcher zum Theil die Lage I, vorwiegend aber die Lage II hat, während der Bewegung in anderer Weise polarisirt wird, als bisher (Fig. 62 c) angenommen, resp. die über den Ring rotirende Spirale Inductionsströme anderer Richtung liefert.

[1]) Elektrotechnische Zeitschr. 1881, Heft II, S. 67.

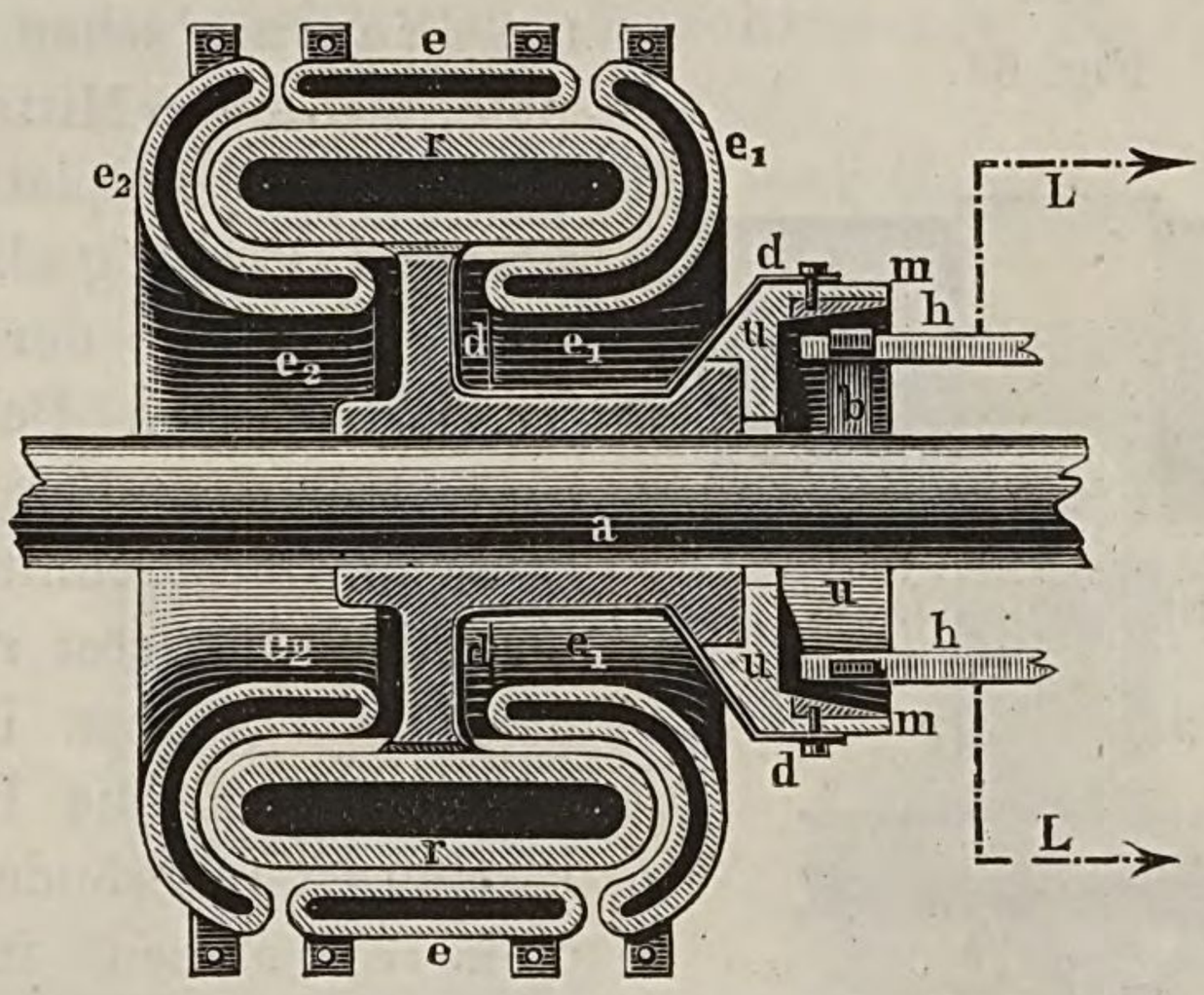
die Gramme'sche Construction den Vergleich mit der Siemens'schen Maschine nicht zu scheuen braucht, scheint uns genügend erwiesen zu sein.

§. 19.

Dynamo-elektrische Maschine von Fitzgerald.

Desmond G. Fitzgerald hat die Leistung des Gramme'schen Ringes dadurch zu erhöhen gesucht, dass er denselben innerhalb eines eigenthümlich geformten, aus drei Theilen bestehenden Elektromagneten $e\,e_1\,e_2$ (Fig. 63) rotiren lässt, womit

Fig. 63.



die Ringwicklungen besser ausgenutzt werden sollen. Er trennt dabei im Weitern die Drahtgruppen des Inductors r durch dünne Platten aus weichem Eisen von einander, welche in den Biegungen keilförmige Gestalt haben, und führt die freien Enden d dieser Gruppen über ein mit der Achse a fest verbundenes Ringgestell an den aus isolirendem Material bestehenden Stromsammler u (Commutator), wo dieselben durch Schrauben mit den isolirten Metallschienen m in leitender Verbindung stehen. Diese Schienen sind am Umfange des hohlen Raumes des Commutators gleichmässig vertheilt, innerhalb dessen auch die Metallbürsten b schleifen, über deren Halter h der elektrische Strom in die Leitungen L eintritt.

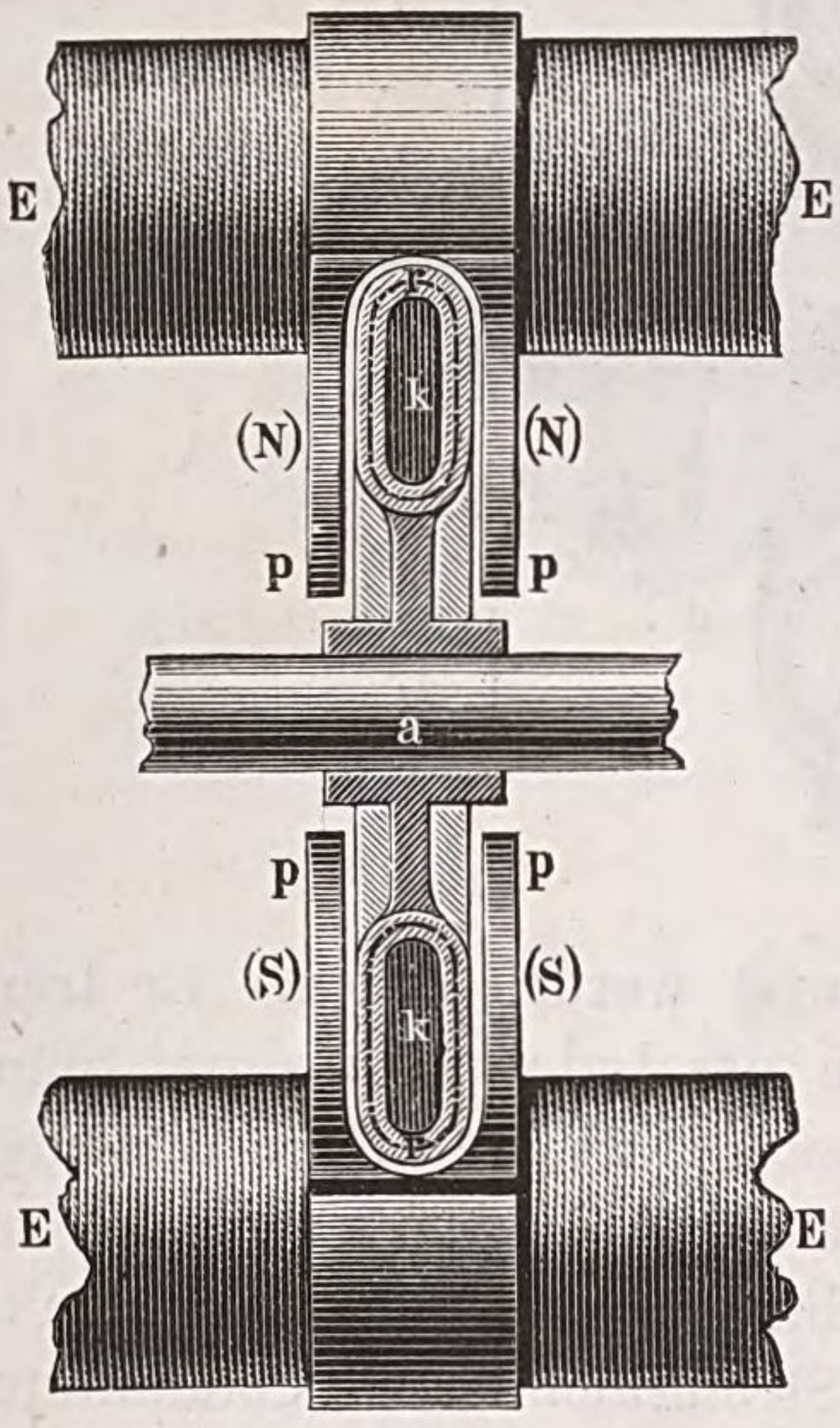
In welchem Grade dadurch die Leistungen gesteigert werden, muss die Erfahrung lehren. Der Commutator dürfte vielleicht gegen Verschmutzung besser geschützt sein; ob aber die besondere Construction des Elektromagneten eine solide Ausführung zulässt, darf zunächst bezweifelt werden.

§. 20.

Dynamo-elektrische Maschine von Schuckert.

Nach ähnlicher Richtung geht die Veränderung des Gramme'schen Ringes durch Schuckert (Fig. 64). *EE* sind die bekannten Gramme'schen Elektromagnete, aus deren Mitte die gemeinschaftlichen Polplatten *p p* aus weichem Eisen gabelförmig, sonst aber in der Form der Gramme'schen Pole (Fig. 62) hervortreten und den in unserm Bilde im Durchschnitt dargestellten Ring-Inductor *r r*, wie dort, nahe zum ganzen Umfang umfassen. Auch die Polarität der Platten ist unverändert geblieben, d. h. es stehen in verticaler Richtung ungleichnamige Pole *N S* gegenüber.

Fig. 64.



Den um die Achse *a* rotirenden Inductor *r* bildet hier ein flacher Ring, dessen Kern *k* aus isolirten Blechringen zusammengefügt ist und dessen Drahtwindungen, wegen gabelförmiger Theilung der Polflächen, auf beiden Längsseiten dem gleichmässigen Einflusse derselben ausgesetzt sind, was unter Umständen eine vollständigere Ausnutzung der Wicklung erwarten lässt.

Hierin besteht die wesentlichste Aenderung Schuckert's, dessen Maschine sich deshalb auch von der Gramme'schen (Fig. 62) äusserlich nur wenig unterscheidet. Ob letztere dadurch in der Leistung übertroffen wird, ist uns nicht bekannt; sehr gross wird der Einfluss der vorgenommenen Veränderungen vermuthlich aber nicht sein [1]). In gleicher Anordnung baut Schuckert Doppelringmaschinen, in denen beide Ringe, in gabelförmiger Dreitheilung der Polplatten, parallel gestellt sind, womit die Einrichtung verbunden ist, dass beide Ringwicklungen nach Bedarf hinter- und nebeneinander geschaltet werden können (S. 37).

§. 21.

Dynamo-elektrische Maschine von Naglo.

Aehnlich wie Schuckert haben auch Gebrüder Naglo ihren Ring-Inductor gebildet. Die Fig. 65 und 65 a zeigen die wesentlichsten Theile desselben. Ein Speichenrad *r* von Messing nimmt

Fig. 65.

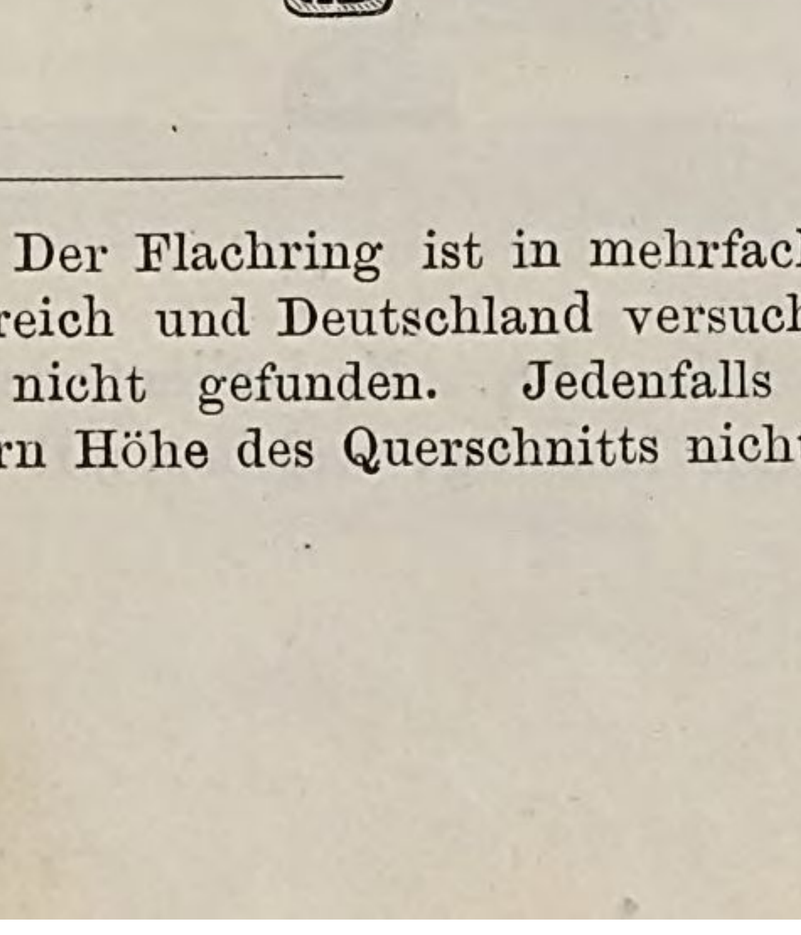
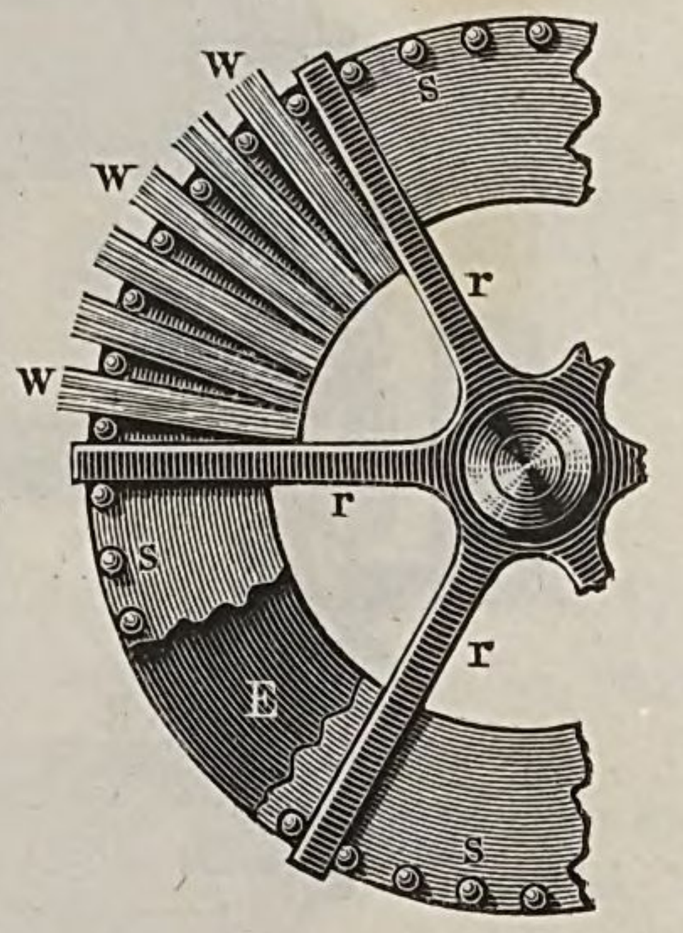


Fig. 65 a.



---

[1]) Der Flachring ist in mehrfacher Anordnung bereits seit 1869 in Frankreich und Deutschland versucht, hat aber allgemeinere Anwendung nicht gefunden. Jedenfalls ist die radiale Wicklung bei der grössern Höhe des Querschnitts nicht besonders vortheilhaft.

den durch Isolirstifte getheilten Eisenkern k auf, dessen Bewicklung w mit isolirtem Kupferdraht (in Fig. 65 durch gebrochene Linie markirt) Gruppen bildet, welche durch eiserne Stifte s räumlich von einander getrennt sind und deren Enden, wie in Fig. 65 angedeutet, nach dem Commutator führen.

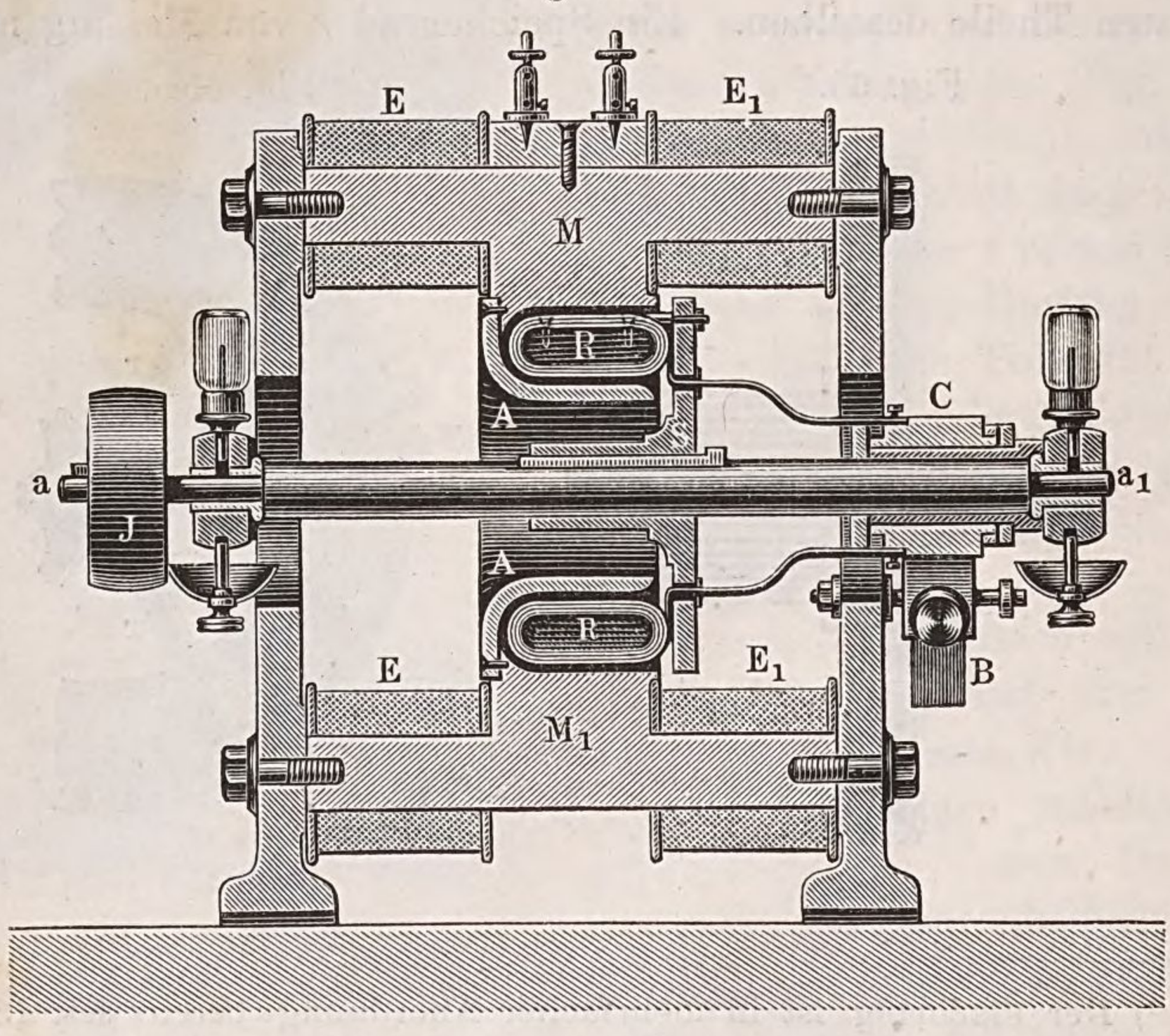
Die Erwärmung möglichst abzuwenden, sowohl durch die Theilung des Kernes, wie durch Beförderung des Luftzutritts in freier Lage der Drahtwicklungsgruppen resp. des Kernes zwischen denselben, ist das Ziel der Anordnung.

§. 22.

Dynamo-elektrische Maschine von Fein.

Fein lässt bei Veränderung der Gramme'schen Maschine die Form des Ringes R unberührt (Fig. 66), verbindet denselben

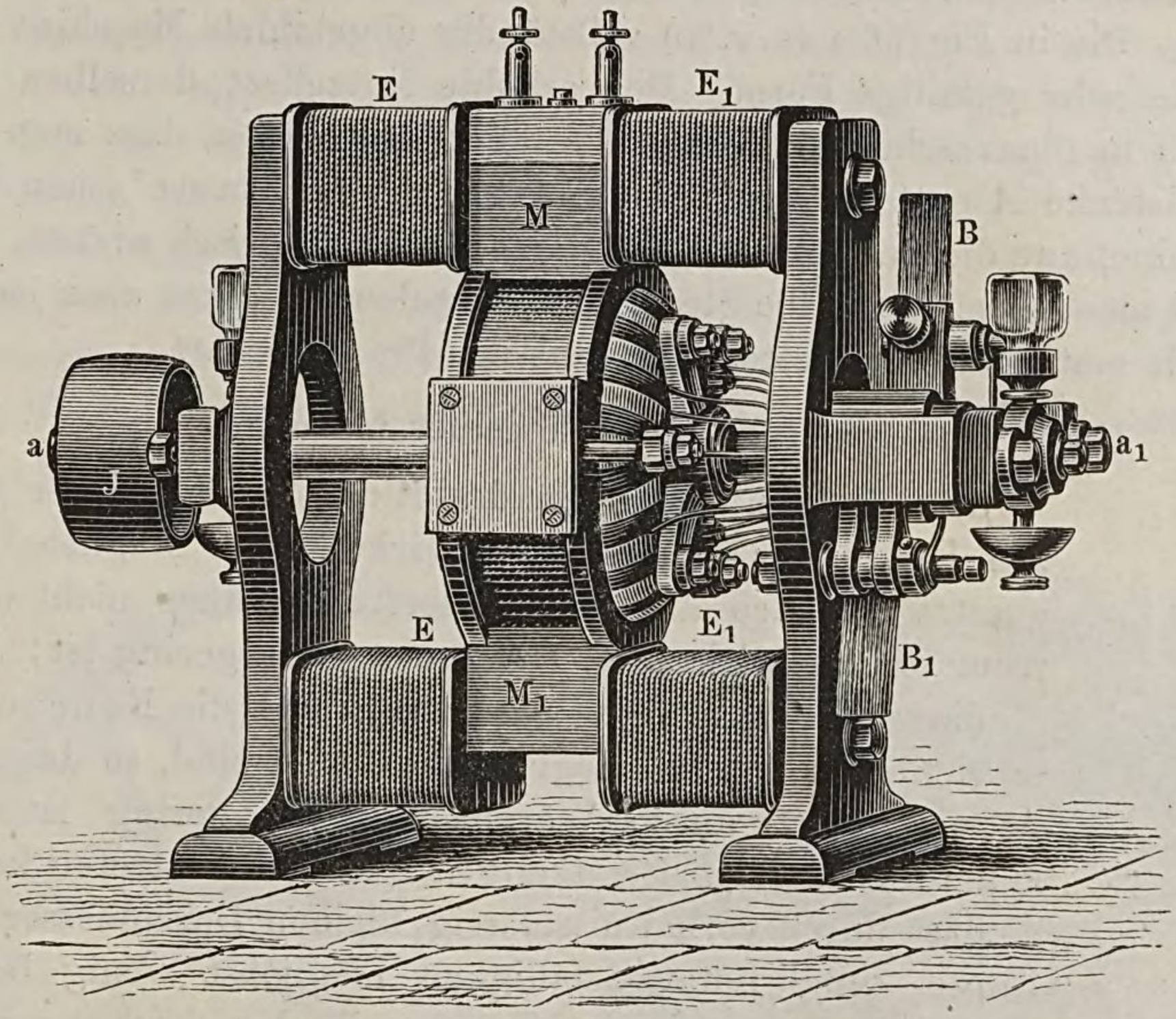
Fig. 66.



aber in anderer Weise mit der Achse $a\,a_1$. Er bedient sich dazu eines sternförmigen Gestells S aus Messing, welches mit Büchse

versehen, auf der Achse festgekeilt und mittelst Schrauben und Muttern mit dem Ring R fest verbunden ist, dessen freie Drahtenden theils durch isolirte Oeffnungen der Speichen, theils zwischen diesen nach dem Commutator C führen. Durch dieses Arrangement ist es möglich geworden, halbtrichterförmige eiserne Polstücke A in den inneren Raum des Ringes R einzuschieben.

Fig. 66 a.



Dieselben sind mit der halbkreisförmigen Ausrundung der Eisenkerne MM_1 der Elektromagneten EE_1 [1]) durch Schrauben verbunden

[1]) Eine durch Edelmann veränderte Gramme'sche Maschine (beschrieben in Müller-Pouillet, 8. Aufl.) führt, in horizontaler Lage gegenübergestellt, nur ein Paar Elektromagnete Fein'scher Form, aus denen die entgegengesetzten Pole als Halbringe heraustreten, welche den Gramme'schen Inductor umschliessen. Die Zahl der Elektromagnetwindungen nimmt aber nach den einander gegenüberstehenden Polen zu, entsprechend der magnetischen Maximalwirkung; und die Inductorwicklung ist durch zahlreiche radiale Eisenansätze des Drahtkerns in Gruppen geschieden, während durch den Körper des Inductors, zur Verstärkung der Ventilation, Bohrungen führen.

und werden mit den Kernen in gleichem Sinne durch den elektrischen Strom magnetisirt, so dass der mit der Achse aa_1 gedrehte Ring, wie bei Fitzgerald und Schuckert, zwischen zwei doppelten Polflächen rotirt, wodurch das kräftigere magnetische Feld der Inductionswindungen fast über deren ganze Länge ausgedehnt wird. Die Erwärmung des Ringkernes möglichst abzuschwächen, ist derselbe aus einer grössern Zahl ganz dünner, von einander isolirter Eisenscheiben gebildet.

Die in Fig. 66 a (a. v. S.) vollständig abgebildete Maschine hat eine sehr gefällige Form. Der erhöhte Nutzeffect derselben soll sich in überraschender Weise dadurch zeigen lassen, dass man die Polstücke A entfernt, so dass, wie bei der Gramme'schen Maschine, nur die äusseren Windungen elektromotorisch wirken, wobei sich kaum die halbe Stromstärke ergeben soll, was aber jedenfalls erst noch der Bestätigung aus der Praxis bedarf.

Fein bezeichnet als Vortheile seiner Maschine:

dass die Umwindungen des Ringes fast in ihrer ganzen Länge der inducirenden Wirkung der Magnete ausgesetzt sind, so dass der Widerstand seiner nicht elektromotorisch wirkenden Leitungen ganz gering ist;

dass nach Anordnung des Eisenringes die Foucault'schen Ströme (S. 44) möglichst beseitigt sind, so dass der Arbeitsverlust durch Wärmeerzeugung gering ist und keine übermässige Erhitzung des Ringes eintreten kann;

dass durch verhältnissmässig kleinen Durchmesser des Ringes seine Rotationsfähigkeit möglichst wenig beeinträchtigt wird und die Maschine im Vergleich zu ihrer Leistung nur geringen Kraftaufwand fordert.

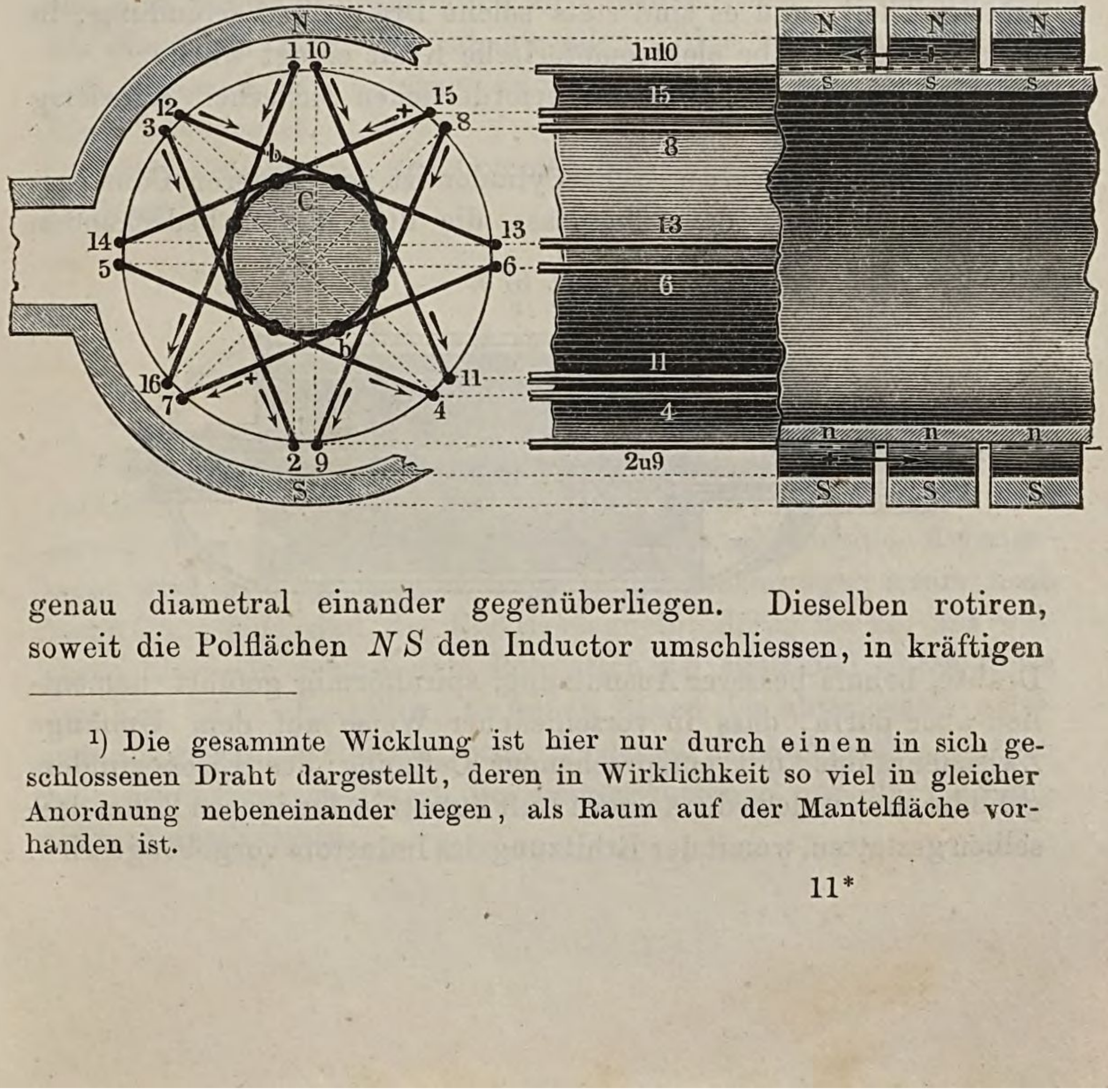
§. 23.

Specielle Betrachtung des Siemens'schen Cylinders (Inductor).

Der principielle Unterschied zwischen der Gramme'schen und Siemens'schen Construction wird klarer, wenn wir unseren Betrachtungen über den Gramme'schen Ring mit seiner ein-

fachen und leicht ausführbaren Wicklung, die specielle Einrichtung des Siemens'schen Inductors gegenüberstellen. *N S*, Fig. 67, sind die ausgerundeten Polflächen der Elektromagnete. Innerhalb derselben rotirt der bewickelte Eisencylinder mit dem Commutator *C*. Die Art der Wicklung ist daran deutlich zu erkennen, und zwar bezeichnen die stark ausgezogenen Linien die auf der vordern, die punktirten Linien innerhalb des Kreises die auf der hintern Stirnfläche des Inductors kreuzenden Drähte, welche auf der Mantelfläche (Fig. 67 a) in paralleler Richtung zur Drehungsachse unter einander verbunden sind. Nach den laufenden Nummern 1 bis 16, mit dem Schlusse an 1, ist die Wicklung leicht zu verfolgen, nur ist zu berücksichtigen, dass die Drähte 9 bis 16 in Wirklichkeit nicht neben den Drähten 1 bis 8 liegen, sondern eine zweite Lage über denselben bilden, Wir überzeugen uns hieraus, dass die gesammte Wicklung [1]) einen ununterbrochenen Kreis bildet und die Manteldrähte der einzelnen Windungen

Fig. 67. Fig. 67 a. Fig. 67 b



genau diametral einander gegenüberliegen. Dieselben rotiren, soweit die Polflächen *N S* den Inductor umschliessen, in kräftigen

---

[1]) Die gesammte Wicklung ist hier nur durch einen in sich geschlossenen Draht dargestellt, deren in Wirklichkeit so viel in gleicher Anordnung nebeneinander liegen, als Raum auf der Mantelfläche vorhanden ist.

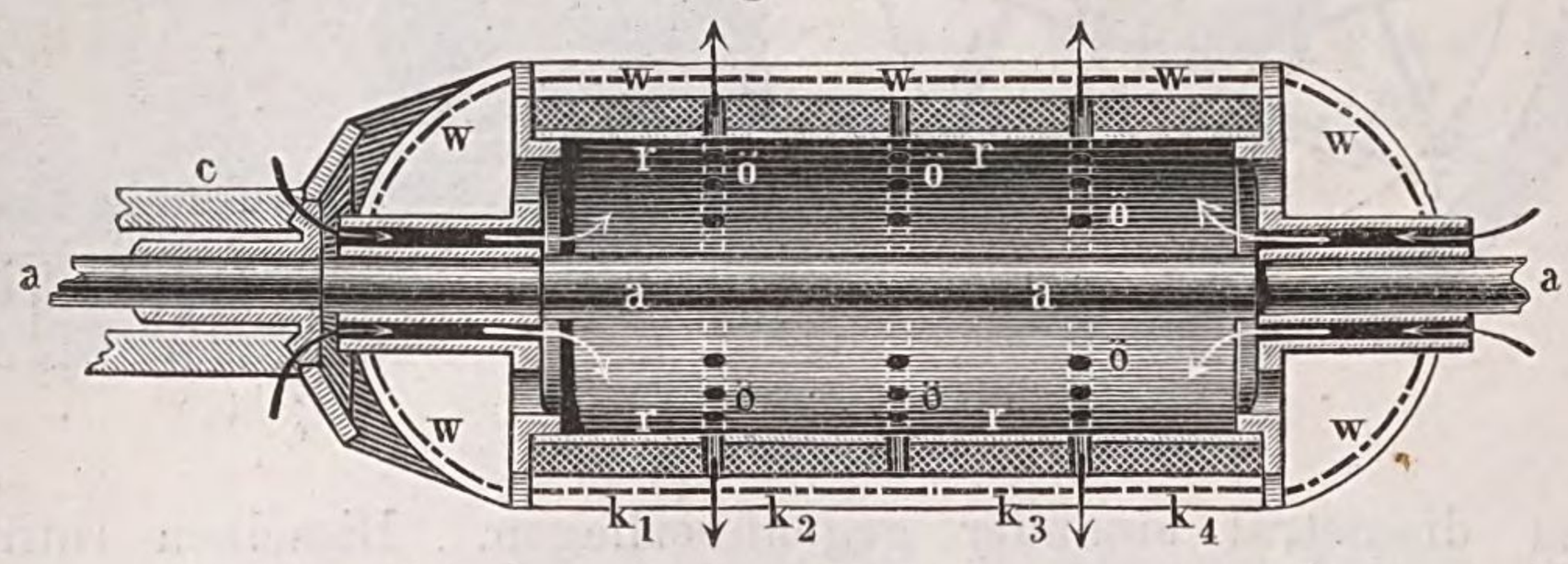
magnetischen Feldern. Die im obern magnetischen Felde inducirten Ströme haben die entgegengesetzte Richtung von den im untern Felde erzeugten Strömen, wie in den Figg. 67 und 67 b durch Pfeile für den Verlauf des positiven Stromes angedeutet, unterstützen sich in dieser Richtung aber gegenseitig. An den Commutator C schliesst die Wicklung in acht Punkten an, und zwar aus der Mitte der über die vordere Stirnfläche geführten Drähte $^1/_{16}$ und $^8/_9$, $^{12}/_{13}$ und $^4/_5$, $^2/_3$ und $^{10}/_{11}$, $^{14}/_{15}$ und $^6/_7$. Nehmen wir an, dass die schleifenden Bürsten in ihrer festen Stellung b/b^1 angreifen, d. i. in directem Anschluss an die Drähte 14 und 6, welche ausserhalb der magnetischen Felder liegen, wo die Stromesrichtung in den Manteldrähten (Fig. 19) wechselt, so liegen im Kreise einerseits b, 15, 16, 1, 2, 3, 4, 5, 6, b^1, andererseits b, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, b^1 und durch beide mit der äussern Leitung verbundene Bürsten fliessen die Ströme in der durch Pfeile angedeuteten Richtung, entsprechend dem Bilde Fig. 62 d.

Bis auf die über die Stirnflächen geführten Windungen nehmen somit sämmtliche Drähte an der Inductionswirkung gleichmässig Theil; und es sind stets solche Drähte in Verbindung, in denen nahe dieselbe elektromotorische Kraft erregt wird.

Die Wicklung ist in der erforderlichen Sicherheit schwierig auszuführen.

Auch der Siemens'sche Cylinder ist von anderen Constructeuren verändert, dadurch, dass die den Mantel bedeckenden

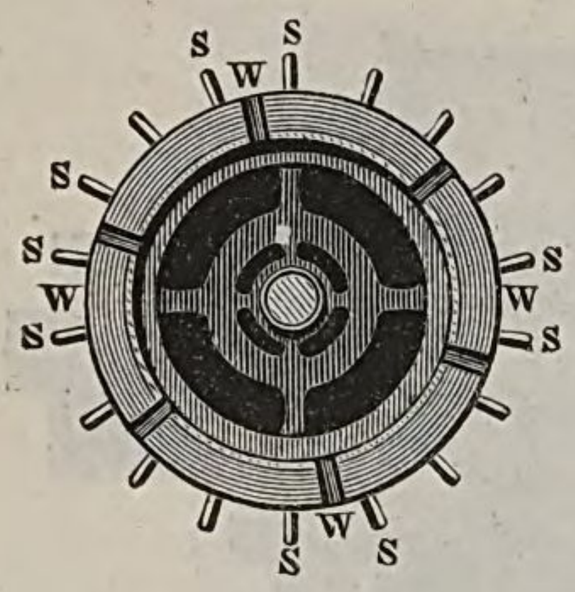
Fig. 67 c.



Drähte, behufs besserer Ausnutzung, spiralförmig geführt, namentlich aber darin, dass in verschiedener Weise auf dem Umfange Zwischenräume mit entsprechender Oeffnung des Eisencylinders gebildet sind, welche der äussern Luft Zutritt in den innern Raum desselben gestatten, womit der Erhitzung des Inductors vorgebeugt wird.

Eine recht wirksame Veränderung scheint der Siemens'sche Cylinder durch Gebr. Naglo erfahren zu haben (Fig. 67 c). Auf der Stahlachse *a* sind zwei mehrfach durchbrochene messingene Stirnplatten (Fig. 67 d) aufgekeilt, welche durch ein dünnes Eisenrohr *r* zum Cylinder verbunden sind. Das Eisenrohr ist mit einer grössern Zahl Oeffnungen *ö* versehen und in vier Abtheilungen $k_1\, k_2\, k_3\, k_4$, mit entsprechendem Zwischenraum für jene Oeffnungen, mit Eisendraht bewickelt, so dass der Eisenkern des Inductors aus vier nebeneinander gestellten Drahtringen gebildet wird. Die durch gebrochene Linie markirte Wicklung *w* der Kupferdrähte entspricht der Siemens'schen Anordnung, nur ist dieselbe bei Naglo durch die Stifte *s* der Stirnplatten (Fig. 67 d) in Gruppen getheilt.

Fig. 67 d.



Das gesammte Arrangement läuft vorzugsweise darauf hinaus, den Polaritätswechsel im Inductorkerne $k_1\, k_2\, k_3\, k_4$ zu fördern und eine wirksame Ventilation zu gewinnen, um die Erwärmung des Inductors möglichst abzuwenden. Wie der Durchzug der Luft während der Rotation erfolgt, ist in unserm Bilde durch Pfeile angedeutet.

Die Einrichtung des Commutators *c* hat keine Veränderung erfahren.

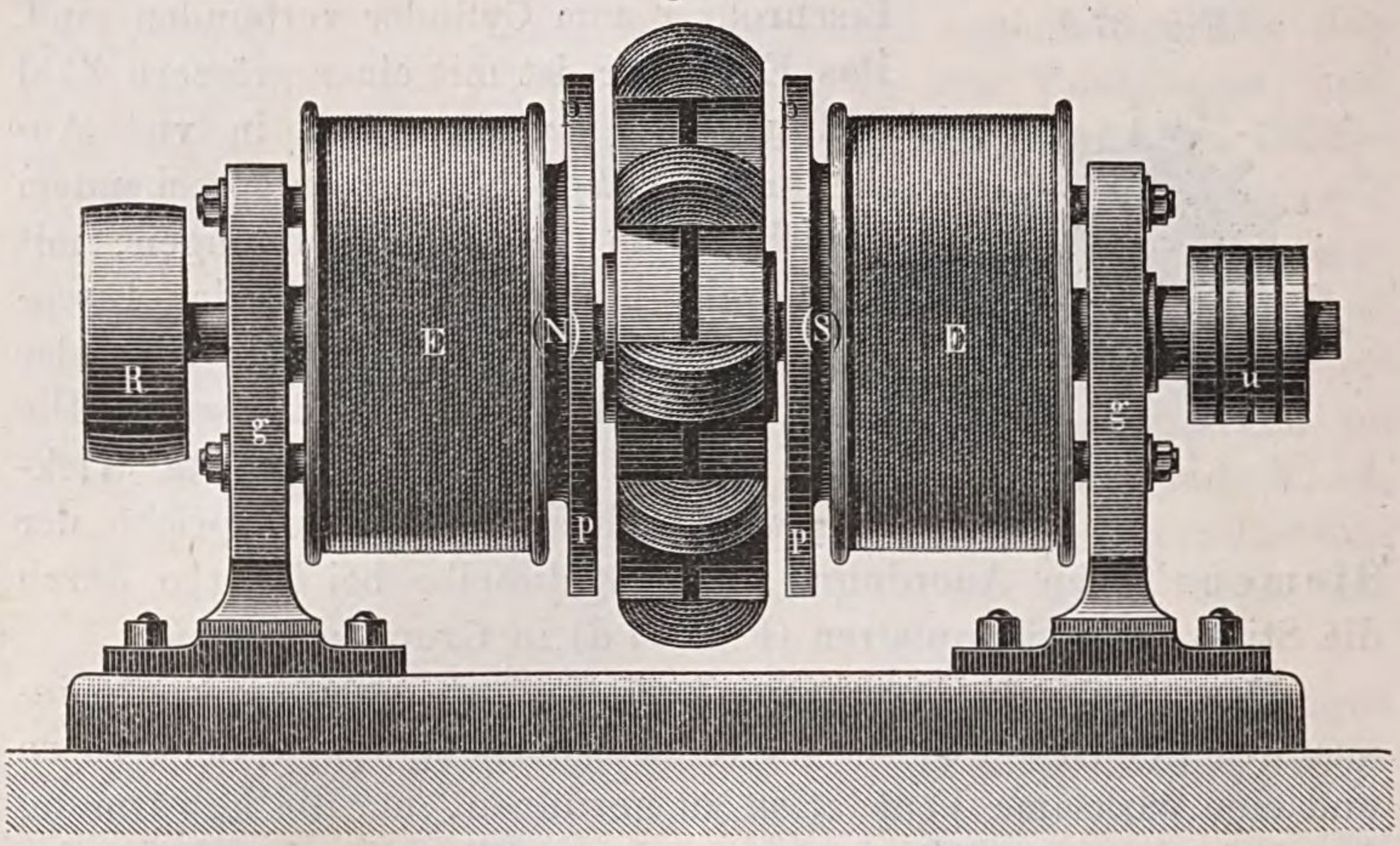
§. 24.

Dynamo-elektrische Maschine von Brush.

Besondere Beachtung unter den sonstigen Constructionen verdient in erster Linie die dynamo-elektrische Maschine von Brush (Fig. 68 a. f. S.). Einer Erläuterung zum allgemeinen Arrangement wird es nach unseren bisherigen Betrachtungen kaum noch bedürfen. *EE* sind die Elektromagnete, deren Kerne, aus weichem Eisen, in vergrösserte Polplatten *p p* auslaufen, deren Form aus Fig. 68 a ersichtlich, zwischen denen der abweichend gebildete ringförmige Inductor rotirt, an dessen Drehungsachse, ausserhalb des Eisengestelles *g*, die Riemenscheibe *R* und der Commutator *u* anschliessen.

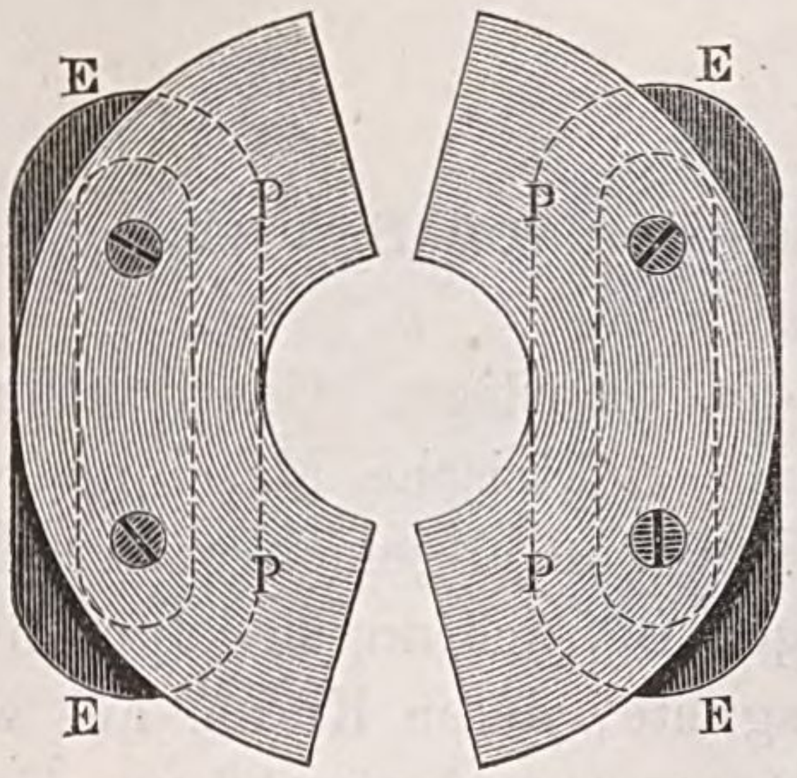
Die Wicklung der Elektromagnete ist so gewählt, dass die gegenübergestellten Polplatten $p\,p$ beider Elektromagnetpaare entgegengesetzt magnetisirt werden ($N\,S$). Im Uebrigen ist die Art

Fig. 68.



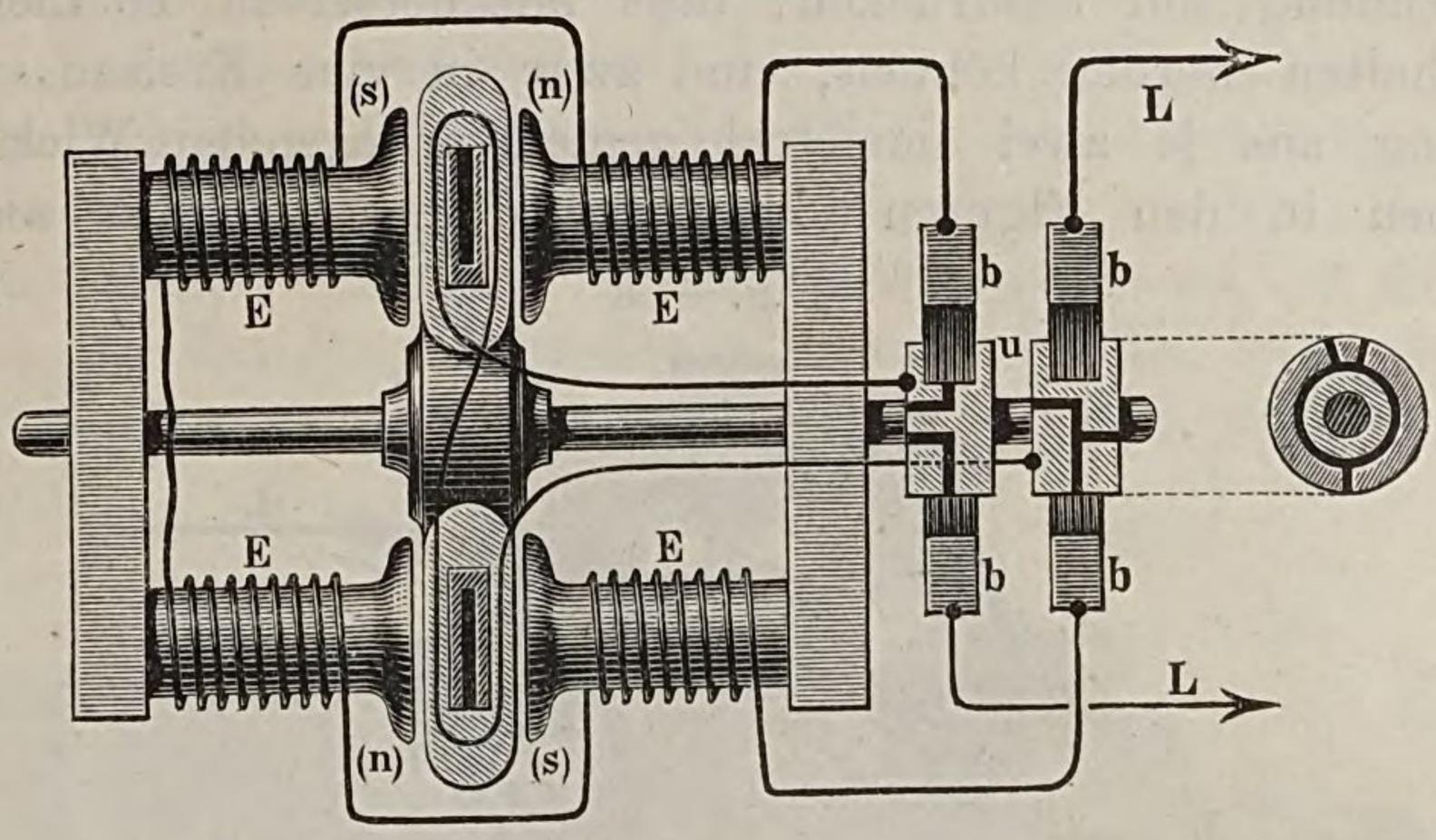
dieser Wicklung und deren Verbindung mit den schleifenden Bürsten b, sowie deren Anschluss an die äussere Leitung L aus Fig. 68 b ersichtlich. Eigenthümlich ist die Construction des Inductors dieser Maschinen. Der Ring desselben (Fig. 68 c) besteht aus Gusseisen in plattenförmiger Bildung. Es sind daran zu unterscheiden die Theile, welche mit Drahtwicklung versehen werden und die, welche davon frei bleiben. Die Formen besser zu erkennen, ist die Bewicklung an einer Stelle, unten links, fortgelassen. Die unter der Wicklung befindlichen Theile bestehen aus zwei in der Ringebene liegenden Platten, welche nach der innern Ringseite im Guss fest verbunden sind, während sich der schwarz markirte freie Raum zwischen denselben in gleichmäs-

Fig. 68 a.



sigen Dimensionen über den ganzen Ring fortsetzt. Die von der Drahtwicklung nicht betroffenen Theile treten als plattenförmige

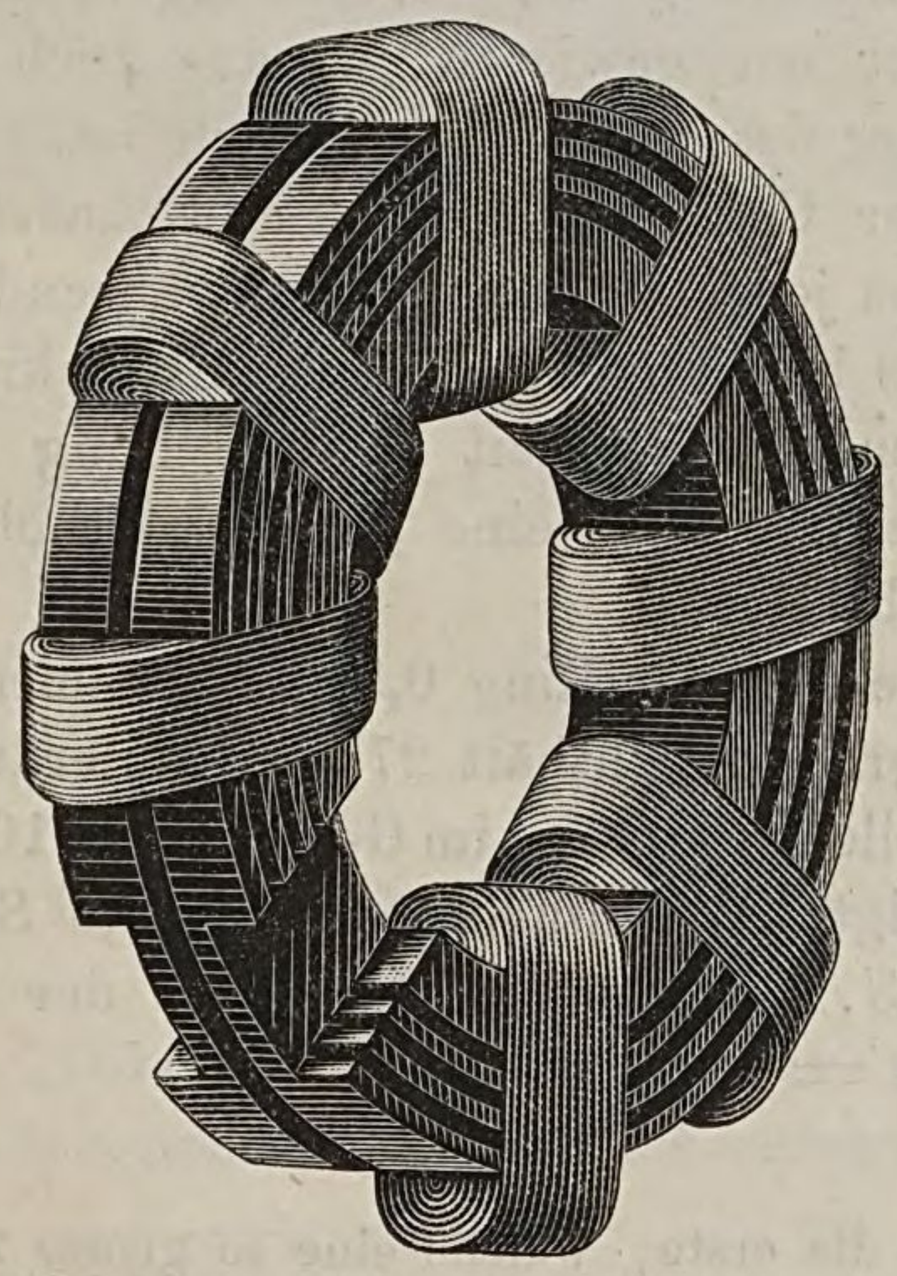
Fig. 68 b.



Ansätze aus der Ringebene hervor und fallen mit der äussern seitlichen Drahtlage in eine Ebene zusammen.

Der freie ebenfalls schwarz markirte Raum zwischen den Seitenansätzen der nicht bewickelten Theile wird bei jeder Drahtwindung unterbrochen; dagegen setzt sich die auf dem Ringumfang verlaufende Vertiefung auch unter den Drahtwindungen fort. Die plattenförmigen Ansätze sind überall aus dem Guss hervorgegangen. Durch die freien inneren Räume wird Masse und Gewicht des rotirenden Inductors vermindert, die Ventilation zur Verminderung der Erwärmung kräftig gefördert und das Auftreten von elektrischen Localströmungen im Eisenkörper beschränkt.

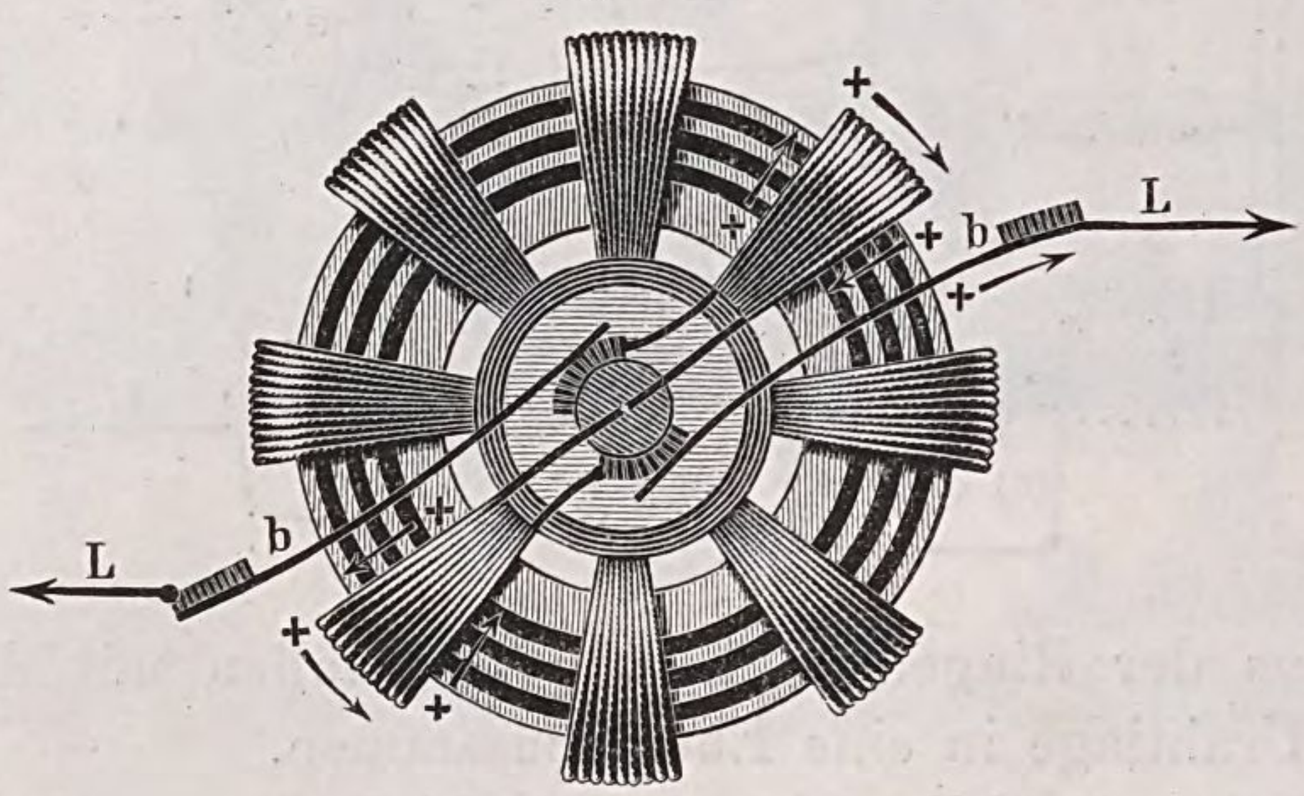
Fig. 68 c.



Die Zahl der in gewöhn-

licher Art, wie bei Gramme, ausgeführten Windungsgruppen ist veränderlich. Die gezeichnete Ringconstruction gehört zur sogenannten 16-Lichtmaschine (Brush' Normalmaschine). Diese Bezeichnung soll ausdrücken, dass mit derselben 16 Lichter [1]) unterhalten werden können, und zwar in vier Kreisen, deren Bildung aus je zwei diametral gegenüberliegenden Wicklungsgruppen in den Figuren 68 b und 68 d im Anschluss an vier

Fig. 68 d.



Kupferringe des dadurch der Zahl der Kreise entsprechend getrennten Commutators u mit seinen schleifenden vier Bürsten b, dargestellt, und nach Art der Wicklung und Verbindung mit dem doppelten Commutator specieller nachgewiesen, woraus auch die eigenthümliche Zusammenfügung desselben zu erkennen ist. Die Anordnung ist in Theilung der Commutatorringe und Ansetzen der Bürsten b so getroffen, dass jedes Windungspaar während $^1/_4$ der Umdrehungsdauer stromlos bleibt resp. aus dem Stromkreise ausgeschaltet ist, was bei der Schnelligkeit der Drehung den continuirlichen Verlauf nicht stört, aber eine gewisse Erholung gegen die Erwärmung des Drahts bietet.

Bei dieser Normalmaschine hat der Ring 0,5 m Durchmesser, und jede der acht Wicklungsgruppen enthält 275 m Kupferdraht von 2,1 mm Stärke, mit Baumwolle besponnen, im Gewicht von 10 kg. Jedes zu einem Kreise vereinigte Windungspaar hat 1,5 $S.E$, die Elektromagnete haben 6 $S.E$ Widerstand, woraus der Gesammtwiderstand der Maschine $=$ 12 $S.E$.

---

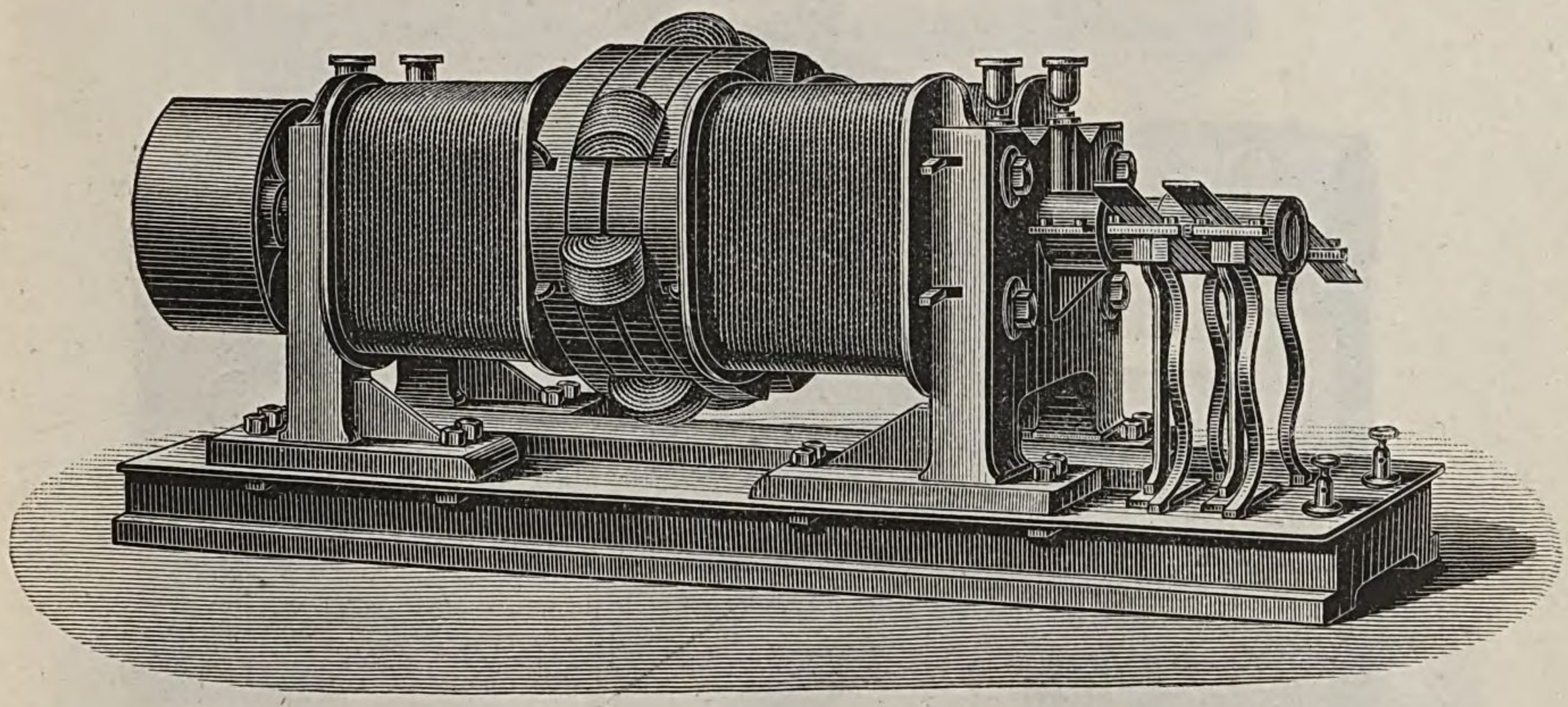
[1]) Die Brush-Maschine war die erste, welche eine so grosse Zahl von Lichtern zu unterhalten gestattete.

Die Leistungen derselben sind bedeutend [1]) und werden namentlich in England und Amerika besonders geschätzt.

In den von Brush mit seinen Lampen (§. 8) gebildeten Verbindungen sollen circa 80 Proc. der bewegenden Kraft in elektrischen Strom umgesetzt und davon 84 Proc., also etwa 69 Proc. der ganzen mechanischen Kraft ($15^1/_2$ Pferdekräfte zum Betriebe von 16 Lampen), als Licht ausgegeben werden.

Es leuchtet ein, dass bei der hier gewählten Lage des Inductors zu den Magnetpolen eine genau centrale Stellung der Drehungsachse nicht in gleichem Maasse erfordert wird wie bei

Fig. 68 e.



Siemens und Gramme, und dass sich die Wicklung des Inductors durch die Centrifugalkraft nicht lösen kann.

Fig. 68 e zeigt die Hauptansicht dieser sehr wirksamen Maschine.

§. 25.

Dynamo-elektrische Maschine von Heinrichs.

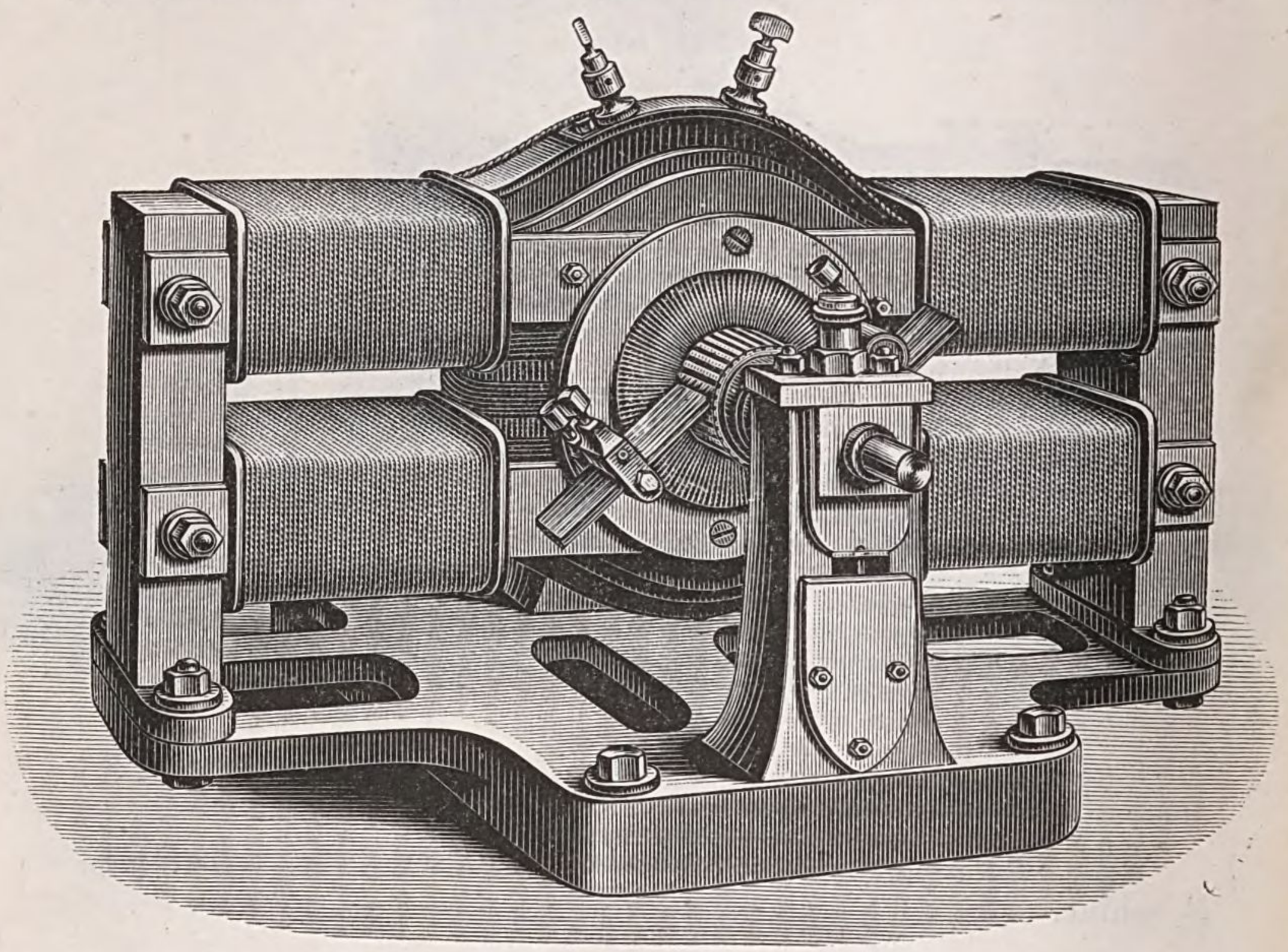
Heinrichs wendet den Gramme'schen Ring in besonderer Construction an; während das äussere Arrangement, wie Fig. 69 (a.f.S.)

---

[1]) S. Anmerkung 3 zu S. 100.

zeigt, der Siemens'schen dynamo-elektrischen Maschine gleicht. Aus den zu beiden Seiten des Inductors liegenden Elektromagneten treten die Kerne aus weichem Eisen, in je neun starken terrassenförmig gelagerten Lamellen zur Bildung des Raumes zusammen, innerhalb dessen der ringförmige Inductor in bekannter Anordnung rotirt. Die äussersten mit den Eisenständern verschraubten Lamellen sind nicht nach oben, sondern nach aussen abgebogen und durch einen Metallring verbunden, welcher den

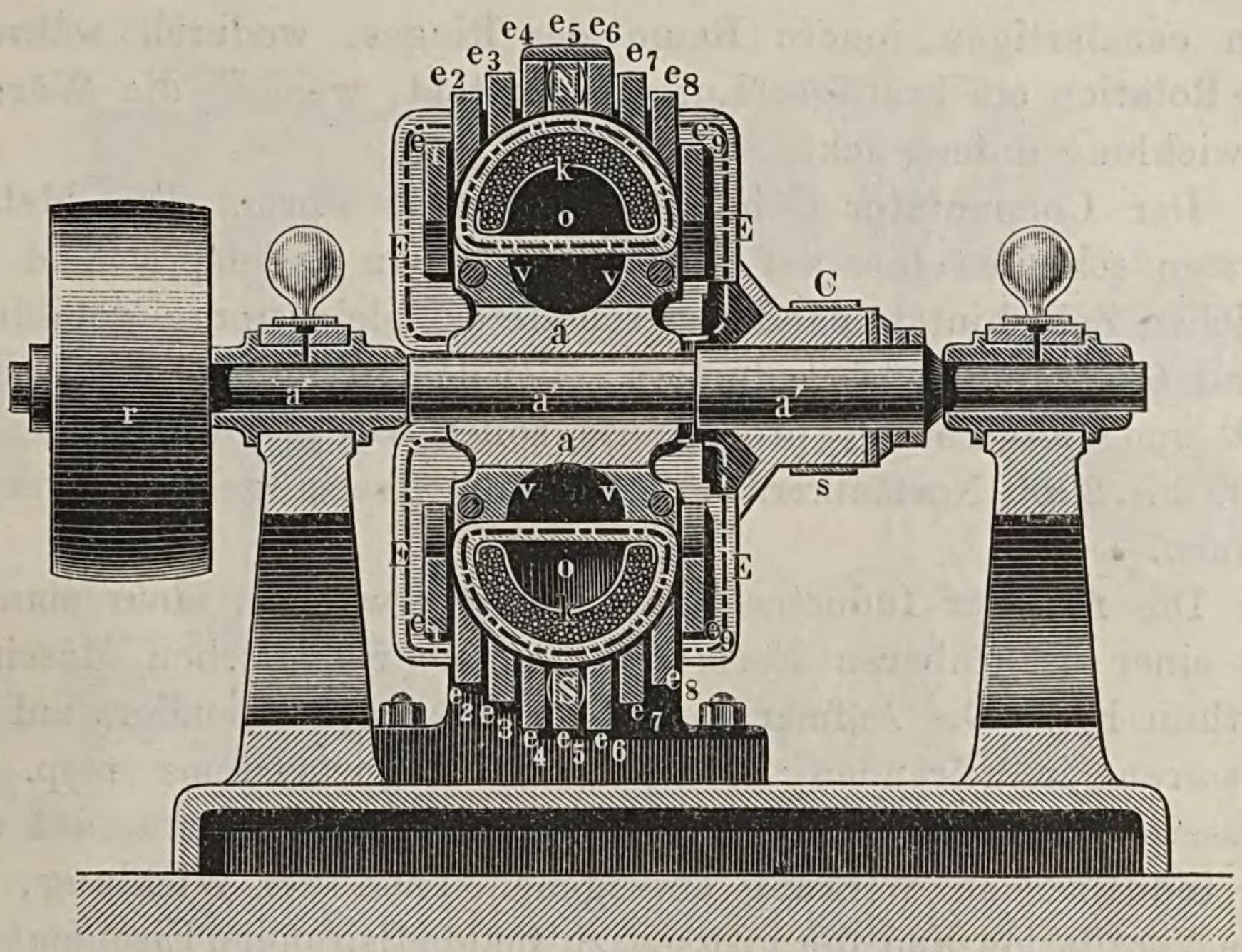
Fig. 69.



seitlichen Abschluss für den Inductorraum bildet, aus dem der Commutator heraustritt. Der Durchschnitt in Richtung der Drehungsachse (Fig. 69 a) lässt das gesammte Arrangement am besten erkennen. EE sind die Elektromagnetwindungen, deren Richtung durch gebrochene Linien markirt ist, $e_1 - e_9$ die daraus hervortretenden Kernlamellen, welche in der obern und untern Lage durch die im Inductor erzeugten Ströme, in bekannter Weise, entgegengesetzt magnetisirt werden (NS).

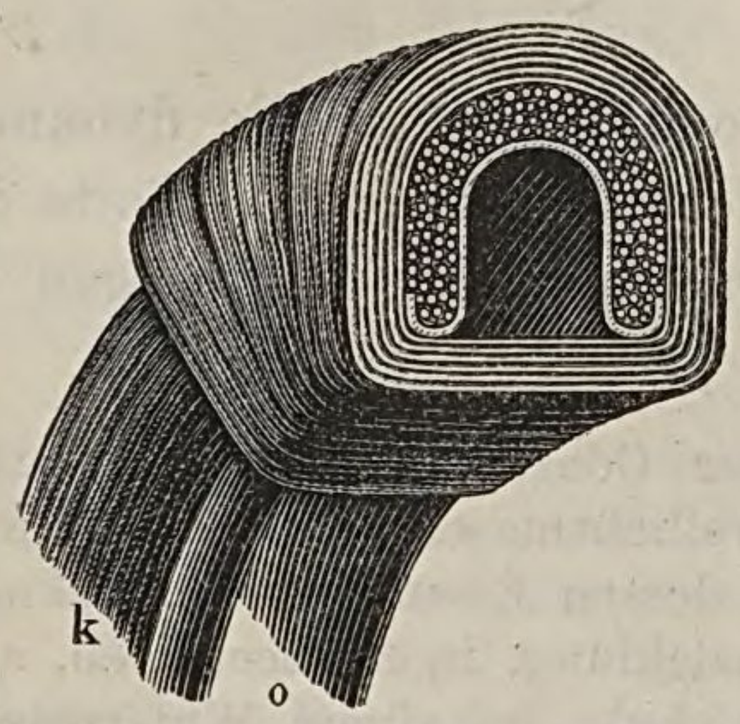
Der Eisenkern *k* des eigenthümlich gebildeten Inductors besteht aus Eisendrähten, welche auf besonderm, im Querschnitt ausgerundeten Metallgestell (Mulde aus Eisenblech) zur Ringform

Fig. 69 a.



gewunden sind. Die durch gebrochene Linien markirte Bewicklung dieses Drahtkerns erfolgt in derselben einfachen Weise wie beim Gramme'schen Ring, was aus der Detail-Fig. 69 b deutlich zu erkennen, wobei die canalartige Vertiefung *o* mit einem Theil des Wickeldrahts überspannt wird. Dieser Theil ist durch seine Lage zu den magnetischen Massen und wegen zu grosser Entfernung von denselben den inducirenden Wirkungen entzogen, so dass die in dem grössten Theil der Wicklungen inducirten Ströme ungeschwächt, nach bekanntem dynamo-elektrischen Princip, über den Commutator *C* in

Fig. 69 b.



die Elektromagnetwindungen und daraus in den freien Lichtkreis abfliessen können. Zur festen Verbindung des Inductors mit der Achse a^1 dient der Auftrieb a, welcher an besondern Metallansätzen $v\,v$ das Metallgestell des Drahtringes aufnimmt. Oeffnungen an diesen Anschlussstellen gestatten der Luft freien Zutritt zu dem canalartigen innern Raum des Ringes, wodurch während der Rotation ein kräftiger Luftzug entsteht, welcher die Wärmeentwicklung unterdrückt.

Der Commutator C hat die bekannte Form. Die Metallbürsten schleifen hier auf 36 Metallschienen s, entsprechend der gleichen Zahl hintereinander geschalteter, gleichsinnig gebildeter Windungsgruppen des Inductors. Bei der Drehungsgeschwindigkeit von 900 Touren pro Minute sollen 3 bis 4 Lichter [1]) von 1800 bis 2000 Normalkerzen Stärke im Kreise gebildet werden können.

Die Art der Inductorbildung lässt erwarten, dass man es mit einer brauchbaren Form der dynamo-elektrischen Maschine zu thun hat. Die Aufmerksamkeit richtet sich besonders auf die grösseren inducirenden Flächen des Magnetsystems resp. die grössere Oberfläche der Drahtwindungen des Inductors, auf den der inducirenden Wirkung entzogenen Theil der Wicklung, die gute Ventilation und die grossen zu magnetisirenden Eisenmassen.

§. 26.

Wechselstrommaschine von Siemens.

Die Wechselstrommaschinen sind complicirter als die dynamo-elektrischen Maschinen für continuirlichen Strom. Auf Seite 81 (§. 11) haben wir bereits, nach Betrachtung der Leistungen in

---

[1]) Beim Gebrauch von Lampen der Construction Heinrichs (2. Abtheil. sub a). Diese sogenannten Dreilichtmaschinen haben einen Ring von 203 mm mittlern Durchmesser, dessen Eisenkern aus 3,6 mm starkem Eisendraht besteht und dessen Bewicklung, in 36 Sectionen, aus Kupferdraht von 1,65 mm gebildet ist (7,5 kg), bei einem Widerstande von 0,85 *S. E.*

Die Elektromagnetwindungen bestehen aus 36 kg Kupferdraht und haben einen Widerstand von 1,83 *S. E.*

Anwendung von Wechselströmen, der Siemens'schen Construction gedacht. In diesem Theile wollen wir dieselbe specieller behandeln. Fig. 70 giebt davon ein allgemeines Bild und Fig. 70 a

Fig. 70.

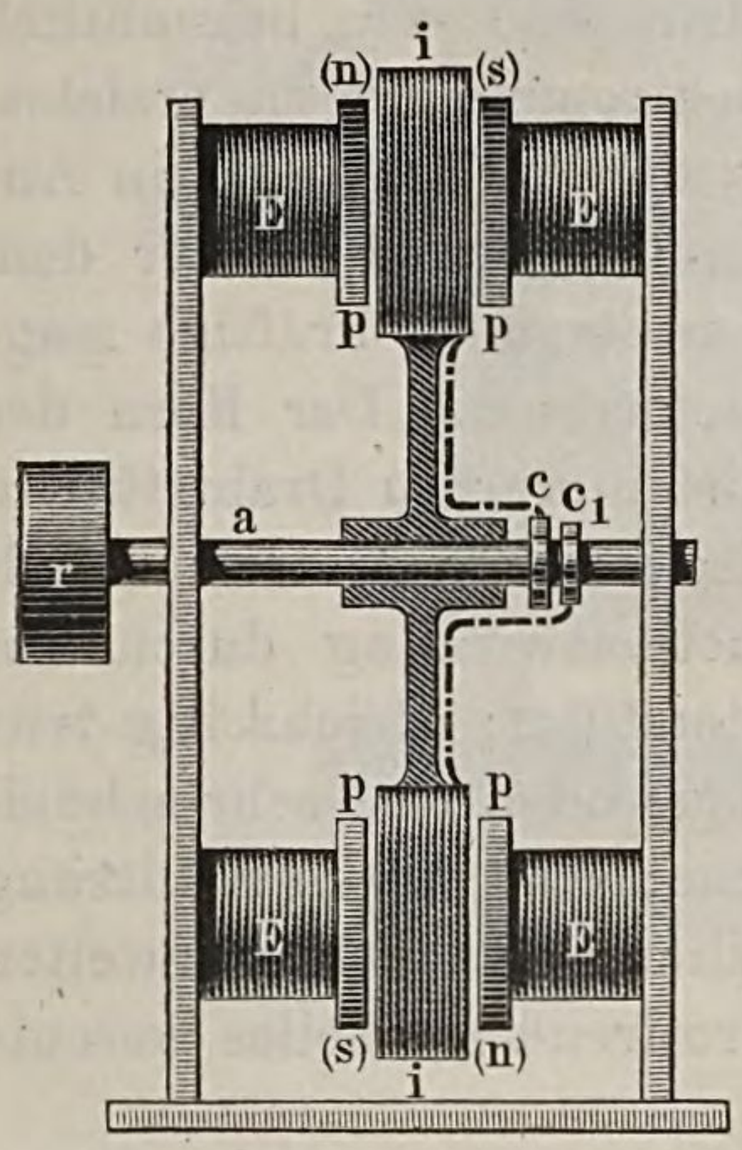
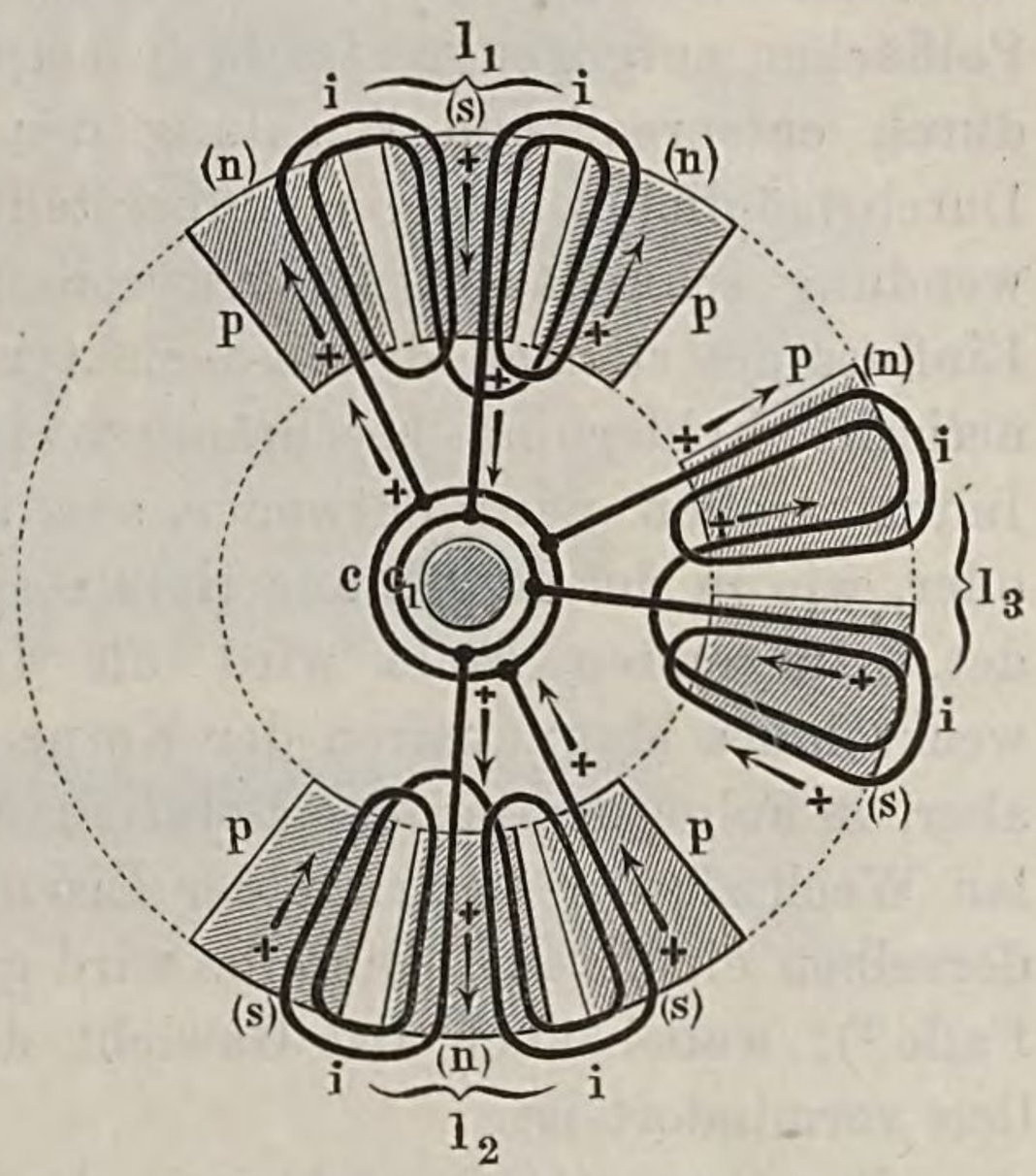


Fig. 70 a.



eine schematische Darstellung der Haupttheile. *E E* sind die feststehenden Elektromagnete, in beliebiger Zahl im Kreise gruppirt, *i i* die Drahtwindungen (Inductorrollen) des um die Achse *a* zwischen den gegenübergestellten Polflächen der Elektromagneten rotirenden Inductors, entsprechend der Zahl der Elektromagnetpaare [1]). Die Form der magnetischen Polflächen *p* und der hier nur in einigen Windungen markirten Inductorrollen *i* ist aus der

---

[1]) In Gérard's Construction liegen die Drahtrollen fest und die Elektromagnete rotiren. Dieselben sind parallel gestellt, und auf beiden Seiten, den Polen zugewendet, befinden sich je 12 Drahtrollen, welche in wechselnder Folge aus dünnen Eisenblechen und isolirtem Draht mit elliptischer Windung gebildet sind.

Ein besonderer Aufsatz enthält 48 Schrauben zur Bildung von 24 Lichtkreisen aus der Maschine, behufs Aufnahme von 24 Lampen der Construction Joel (2. Abthl.). In der Hintereinanderschaltung sämmtlicher Kreise sollen sich bei 800 Touren pro Minute 12 Jablochkoff'sche Kerzen unterhalten lassen. Die Construction war auf der Pariser Ausstellung; Näheres haben wir darüber aber bis jetzt nicht erfahren können.

Zeichnung Fig. 70 a ersichtlich. Sämmtliche Elektromagnete liegen mit ihrer Wicklung im Stromkreise einer einfachen dynamo-elektrischen Maschine (Fig. 13), durch deren continuirlichen Strom die Polflächen magnetisirt werden, und zwar so, dass die Polarität derselben fortlaufend wechselt (*n s n s*), und die gegenüberstehenden Polflächen entgegengesetzt (*n s*) magnetisirt sind, was bekanntlich durch entsprechende Wicklung der Elektromagnete zu erzielen. Durch möglichst nahe Gegenüberstellung der Polflächen *p p*, in Anwendung sehr flacher Inductorrollen *i i*, bilden sich, unter dem Einfluss des starken dynamo-elektrischen Stromes, kräftige magnetische Felder im beschränkten Inductorraum. Der Kern der Inductorrollen wird entweder aus isolirten kurzen Drahtstücken oder, wie in der Regel, aus Holz resp. isolirendem Material gebildet. Im ersten Falle wird die Inductionswirkung durch abwechselndes Magnetisiren der Kerne unterstützt; gleichzeitig tritt aber, in Folge des bei der Rotation andauernden und sehr schnellen Wechsels der Polarität der Eisenkerne, eine starke Erhitzung derselben ein (S. 44). Dieselbe wird gänzlich vermieden im zweiten Falle [1]), wobei auch das Gewicht des rotirenden Theiles wesentlich vermindert ist.

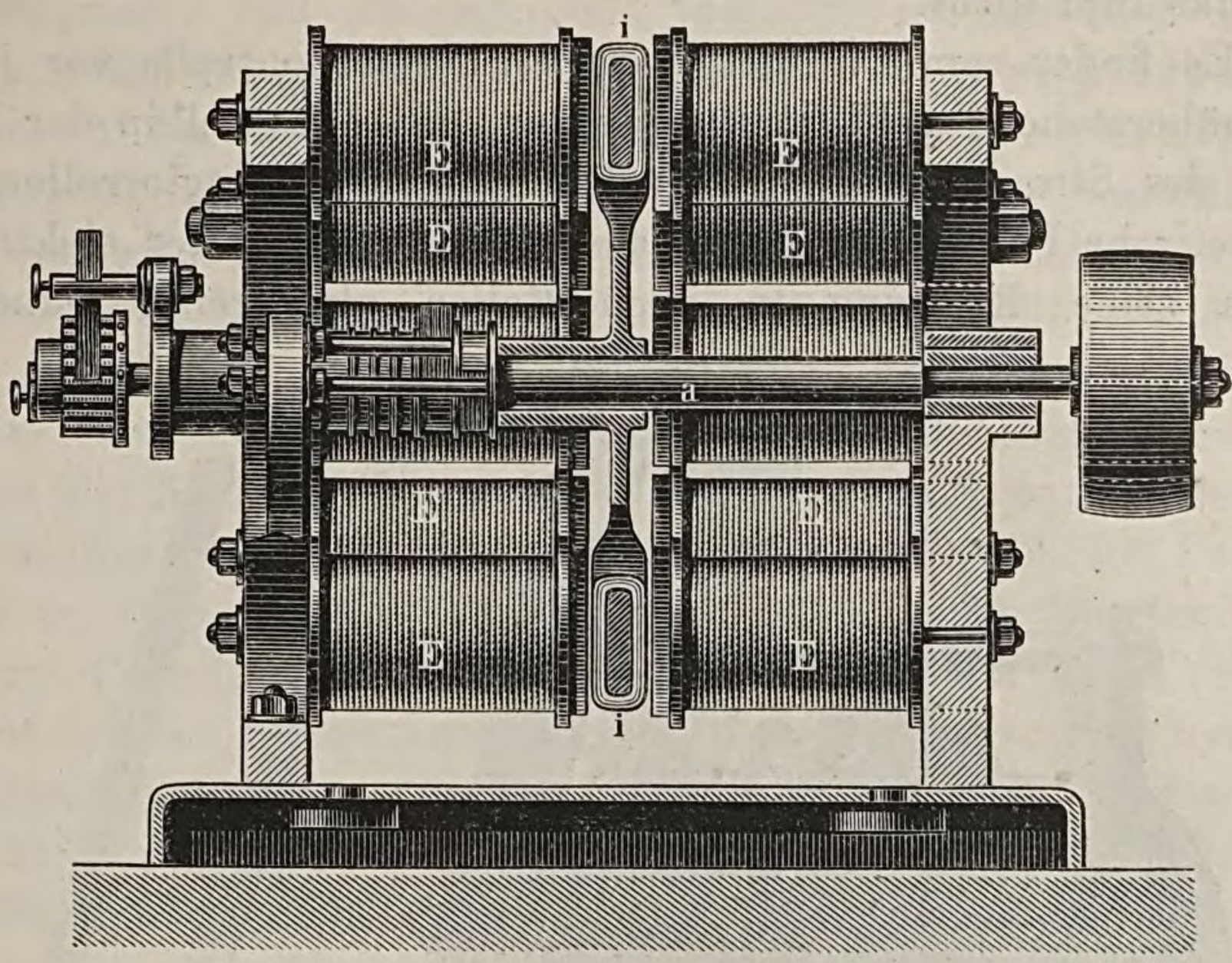
Der Commutator steht mit der Drehungsachse in fester Verbindung und nimmt die Drähte der Inductorrollen an isolirt getrennten Metallringen $c\ c_1$ auf, wie aus der Fig. 70 a ersichtlich. In den eingezeichneten drei verschiedenen Lagen je zweier Inductorwindungen, welche sämmtlich in gleicher Weise verbunden sind, ist die Richtung der Inductionsströme durch Pfeile markirt. In Lage l_1 (*n s n*) haben die vor dem Südpol inducirten Ströme gleiche Richtung mit den vor dem Nordpol inducirten, verstärken sich also gegenseitig und treten durch Vermittlung des Commutators resp. der Contactringe $c\ c_1$ und der darauf schleifenden bekannten Metallbürsten in den äussern Kreis; in l_2 (*s n s*) derselbe Vorgang, aber mit entgegengesetzt gerichtetem Strome, während in l_3 (*n s*) die inducirten Ströme sich gegenseitig aufheben, wie aus den angegebenen Pfeilrichtungen leicht zu verfolgen [2]). Die

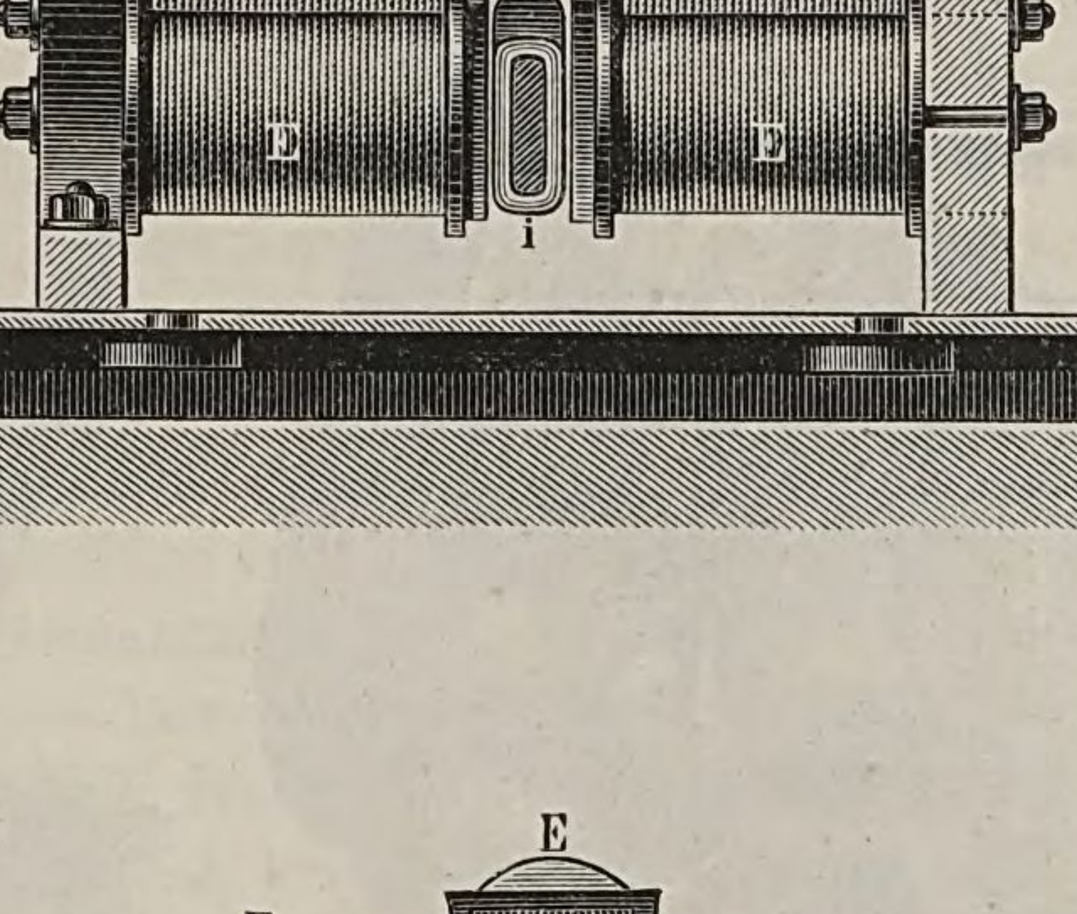
---

[1]) Siehe Bemerkung 1, S. 152 über die Bewegung von Drahtspiralen im magnetischen Felde.

[2]) Der Commutator hat hier, wie man sieht, eine andere Aufgabe als in der dynamo-elektrischen Maschine. Er ist weit einfacher und nur als schleifender Contact innerhalb des Stromkreises zu betrachten.

Fig. 70 b.

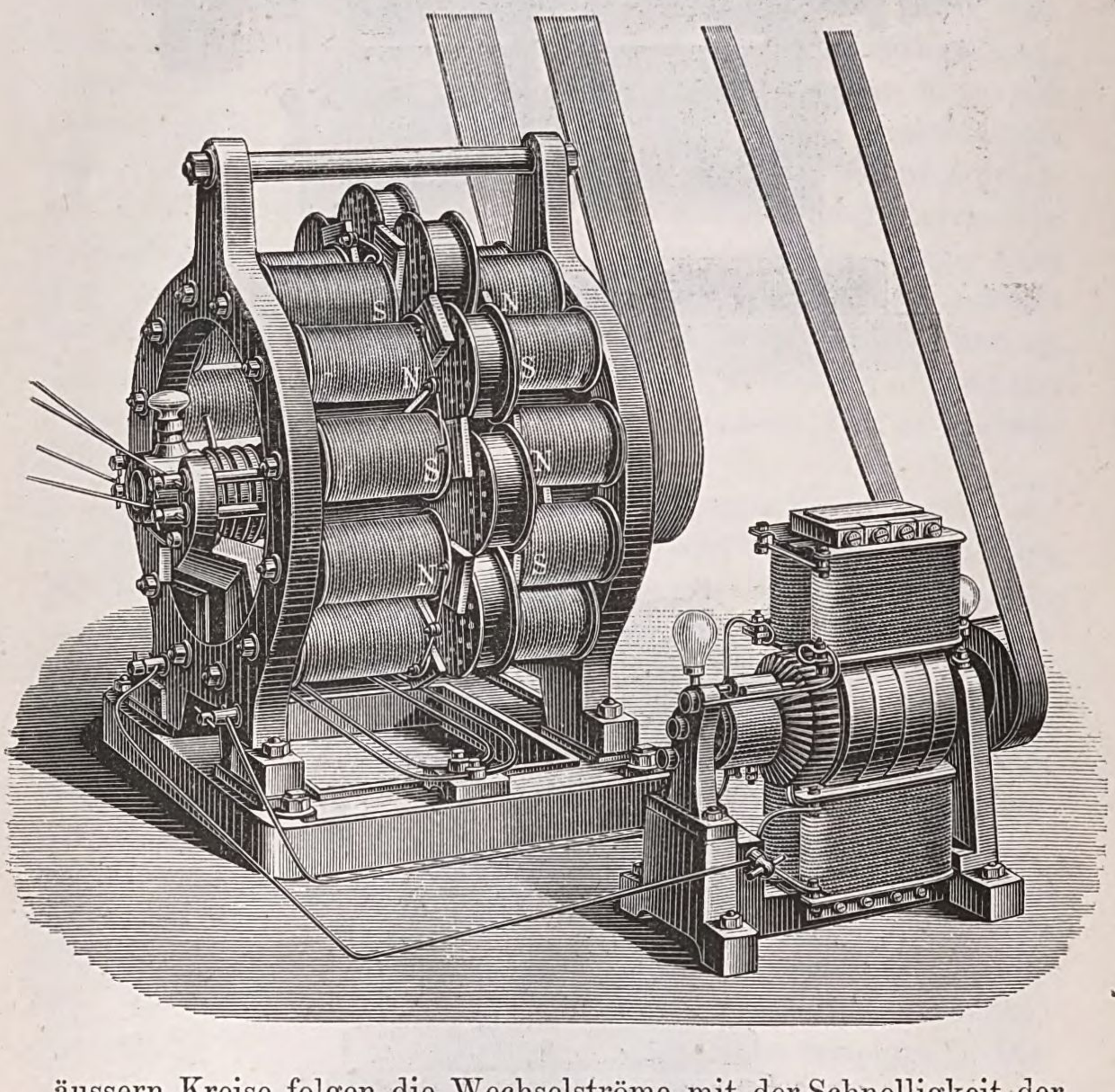




gegenüberliegenden Pole wirken überall in gleichem Sinne, ändern also das Bild nicht.

Es findet somit in der Lage der Inductionsrolle vor jedem gegenüberstehenden Elektromagnetpaar ein Wechsel in der Richtung des Stromes statt. Da eben so viel Inductorrollen wie magnetische Felder vorhanden sind, so wechselt der elektrische Strom seine Richtung in allen Rollen gleichzeitig, und im

Fig. 70 c.



äussern Kreise folgen die Wechselströme mit der Schnelligkeit der Bewegung eines Rollenpaars vor dem gleichliegenden Polplattenpaar.

Hiernach dürfte die in Fig. 70 b (a. v. S.), obgleich in den Inductorrollen *ii* etwas abweichend, dargestellte Wechselstrommaschine Siemens'scher Construction in Bildung und Wirkung

ohne Weiteres zu verstehen sein. Dieselbe enthält acht Elektromagnetpaare, und der rotirende Inductor ist aus acht Drahtgruppen (Rollen) gebildet, welche sich aber zu zwei getrennten Kreisen theilen und dementsprechend zum gleichzeitigen Betriebe auch an zwei äussere Leitungskreise anschliessen. Die Vertheilung der Ströme auf diese beiden Lichtkreise übernimmt der Commutator, welcher in Fig. 70 b getheilt ist. Ausserhalb des Gestelles, auf der linken Seite, bemerken wir die bekannte Form desselben, sowie einzelne Contactschrauben zum Anschluss der Kreise und innerhalb, auf derselben Seite, befinden sich die von der Drehungsachse und unter einander isolirten Contactringe cc_1 (Fig. 70 und 70 a) mit den schleifenden Bürsten. Des äussern Commutators bedarf es nur dann, wenn ein Theil der Wechselströme, behufs Anregung der Elektromagnete nach dynamo-elektrischem Princip, zum continuirlichen Strom gerichtet werden soll, die dynamo-elektrische Hülfsmaschine also fortfällt. Je grösser die Maschine, welche wir auch in Verbindung mit der dynamo-elektrischen Maschine in Fig. 70 c präsentiren, je grösser also die Zahl der Elektromagnete und der Drahtgruppen des Inductors, desto mehr Kreise lassen sich aus denselben abzweigen, für welche je ein Contactring am innern Commutator erforderlich, der im Uebrigen verschieden arrangirt ist. Mehrfache Durchbrechung des Gestelles sichert die gute Ventilation.

Die elektromotorische Kraft dieser Maschinen wird, wie die magnet-elektrischen Constructionen vom äussern Widerstande nicht beeinflusst, sondern ist nur abhängig von der Stärke des Magnetismus der Polplatten, von der Höhe und Zahl der rotirenden Spiralen, welche der Magnetpolhöhe möglichst entsprechen muss und von der Drehungsgeschwindigkeit.

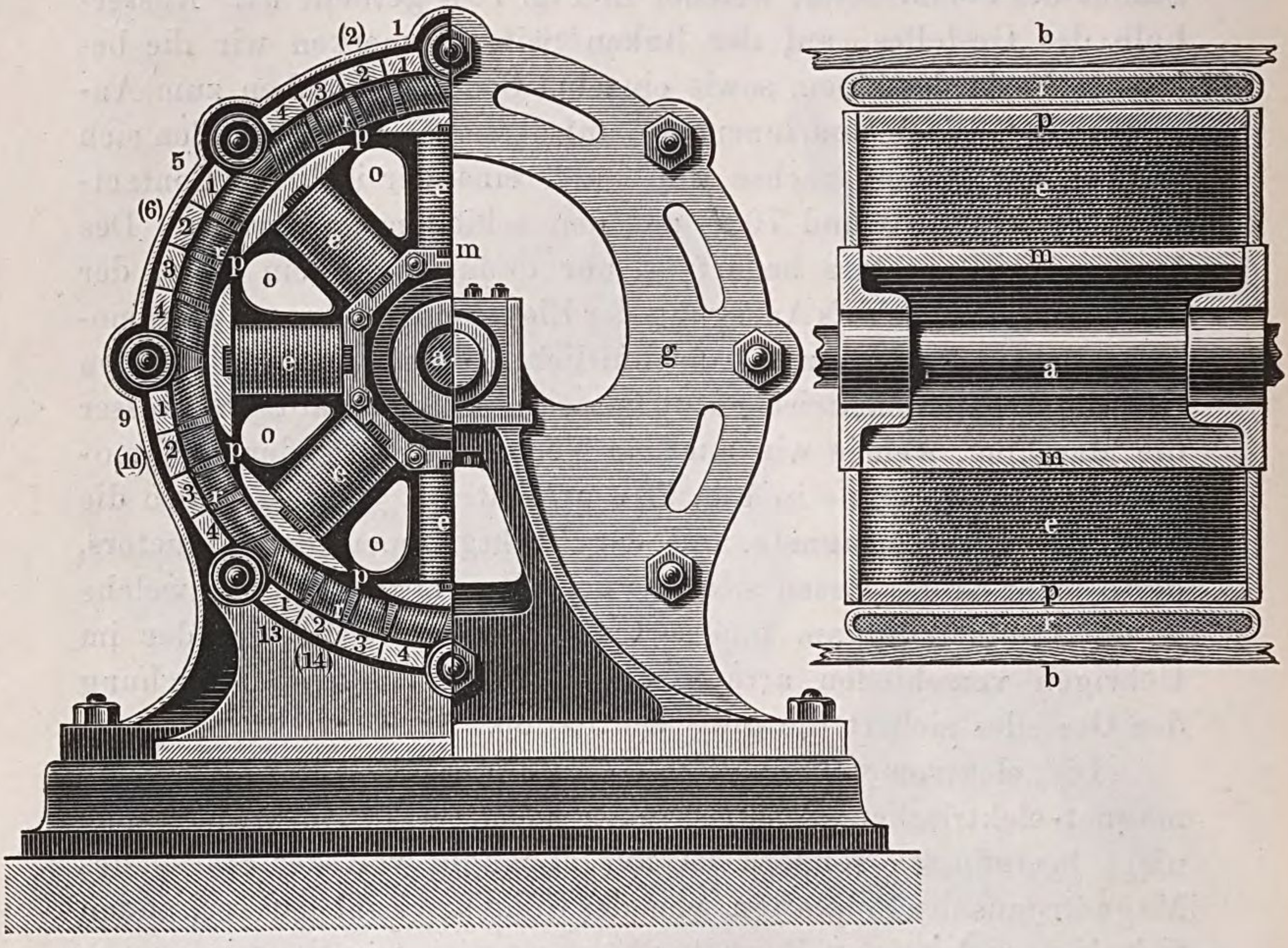
§. 27.

Wechselstrommaschine von Gramme.

In der Gramme'schen Wechselstrommaschine (Fig. 71 a. f. S.) begegnen wir wieder dem bekannten Ringe r, hier aber in fester

Lage [1]). Sein aus weichem Eisendraht bestehender Kern ist in gewöhnlicher Weise mit Kupferdraht bewickelt. Die Wicklung besteht aus 32 Gruppen, von denen die 1. 5. 9. 13. 17. 21. 25. 29. im Anschluss an das freie Ende der ersten einen für sich bestehenden Kreis bilden, ebenso die 2. 6. 10. 14. 18. 22. 26. 30.

Fig. 71.



und so die 3. und 4. Gruppe, so dass im Ganzen vier Kreise gebildet werden, welche vermittelst fester Klemmen an eben so viel äussere Leitungskreise anschliessen, in denen das Licht in einer oder mehreren Flammen brennt. Im Bilde sind die zu

---

[1]) Aehnliche Anordnung hat Fein getroffen, indem er seinen Ring (Fig. 66) durch Schrauben und Muttern einseitig an einer Platte festlegt und die rotirenden Elektromagnete Edelmann'scher Wicklung (S. 161) mit gabelförmigen Polplatten versieht, welche die beiden breiten Seiten des Ringes umfassen.

demselben Kreise gehörenden vier Drahtgruppen jeder Abtheilung auf der von Eisenblech umgebenen Brettbekleidung *b* des festen Systems mit 1 bis 4 bezeichnet. Innerhalb des stabilen Inductors *r* rotiren acht Elektromagnete *e* mit erweiterten Polplatten *p* aus weichem Eisen, welche durch den continuirlichen Strom einer kleinen Gramme'schen Maschine (Fig. 62 f) so polarisirt werden, dass abwechselnd ein Nord- und ein Südpol auf einander folgen. Sämmtliche Elektromagnete sind durch ein festes Metallgestell *m* mit der Drehungsachse *a* in solider Verbindung. Das Ganze ist durch ein Eisenblechgehäuse *g* geschlossen, welches durch Ausschnitte *o* auf der Rückseite und grössere Oeffnungen auf der Vorderseite der Luft genügenden Zutritt gestattet.

Der Raum zwischen den Polplatten *p* der Elektromagnete und dem Inductor *r* ist auch bei dieser Maschine sehr klein.

Nach dem bekannten Vorgange bei der Drehung des bewickelten Ringes in der Gramme'schen dynamo-elektrischen Maschine und nach Betrachtung der Wirkung in der Siemens'schen Wechselstrommaschine wird es des näheren Eingehens auf die Bildung der Wechselströme hier nicht weiter bedürfen. Da hier nur die rotirenden Drahtwindungen mit Schleifcontacten an den Stromkreis anschliessen, so entfallen dieselben in dieser Anordnung selbstverständlich auf den Verbindungspunkt zwischen den beiden freien Drahtenden der hintereinandergeschalteten Elektromagnetwindungen und den von der dynamo-elektrischen Hülfsmaschine ausgehenden Stromkreis (Seite 81).

Während der vollen Umdrehung wechselt der Strom im Wechselstromkreise acht Mal, wodurch bei der gebräuchlichen Drehung von 500 bis 700 Touren pro Minute 4000 bis 5600 Wechselströme entstehen, welche sich auf vier Kreise zu resp. 1000 und 1400 pro Minute und 16 resp. 23 pro Secunde vertheilen.

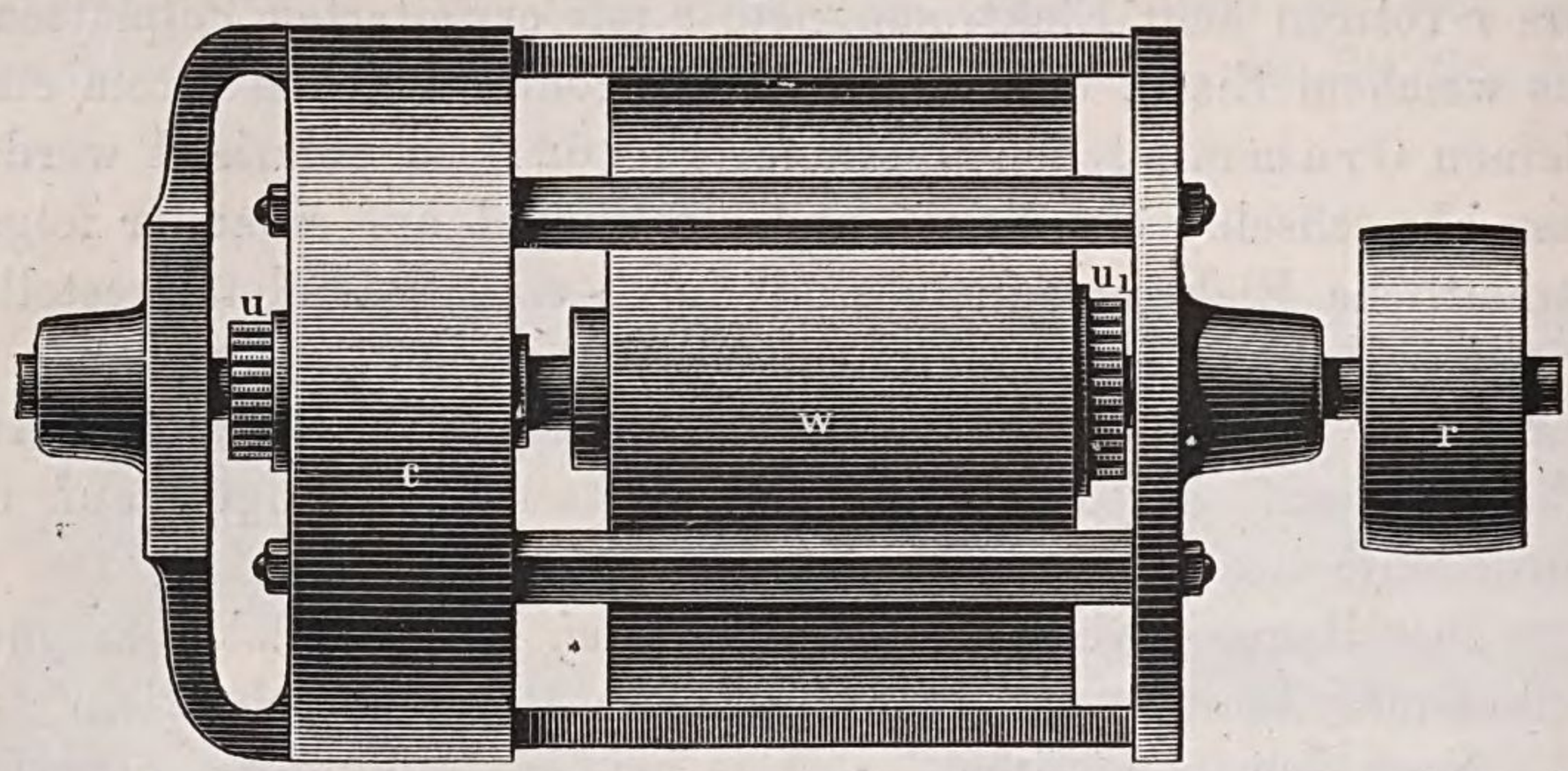
§. 28.

Combinirte Wechselstrommaschine von Gramme.

In neuerer Zeit hat Gramme die dynamo-elektrische Hülfsmaschine mit der Hauptmaschine vereinigt, wodurch die Installation

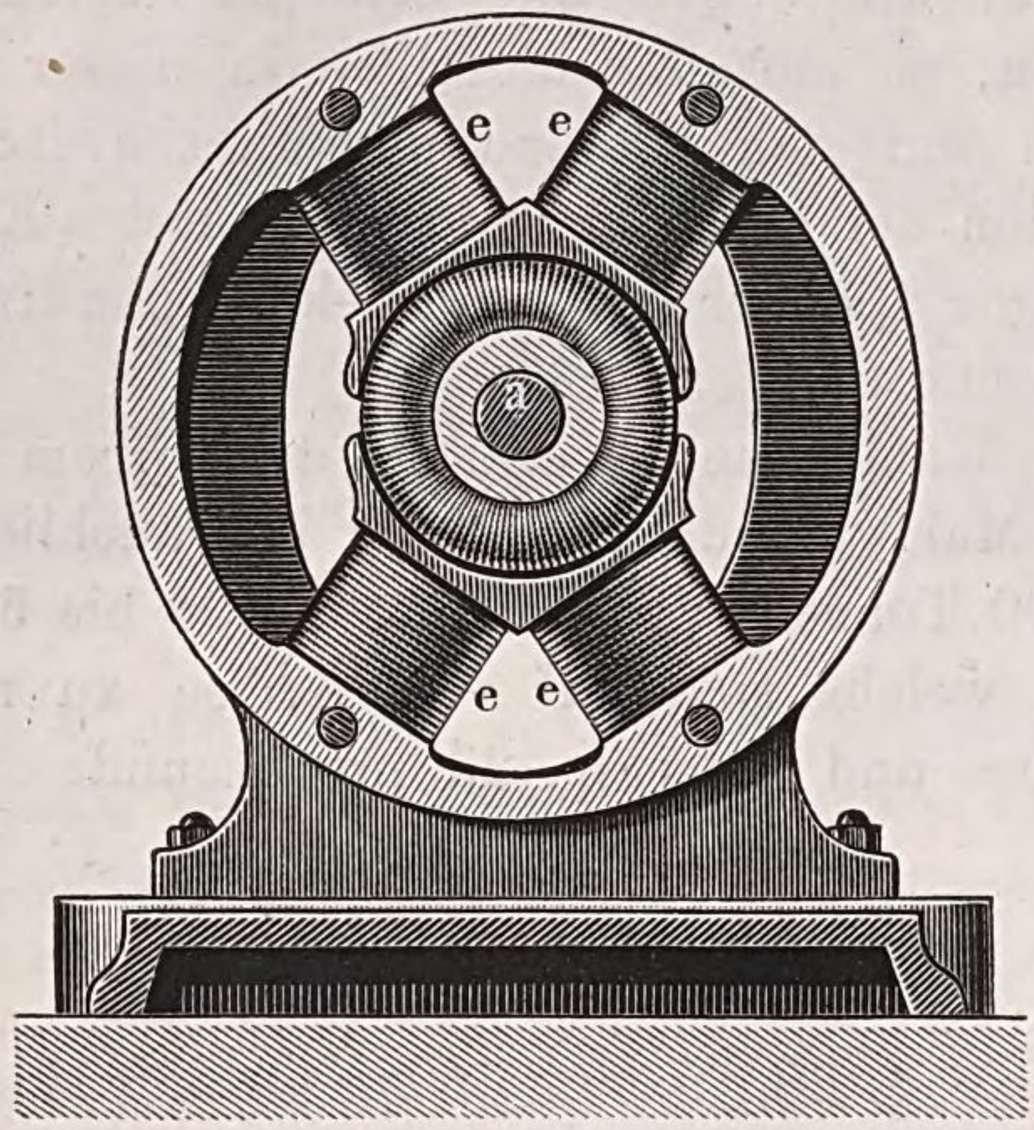
vereinfacht und die Drehungsgeschwindigkeit beider Maschinen besser in Uebereinstimmung gebracht ist, was ein stabileres

Fig. 72.



Licht erzeugen soll. Bei dieser combinirten Maschine (Fig. 72) liegt der dynamo-elektrische Stromerzeuger, dessen Elektromagnete *e* hier die Stellung Fig. 72 a erhalten haben, unter dem Verschluss *c*, die Hauptmaschine unter *w*. Beide haben eine gemeinschaftliche Drehungsachse mit der Riemenscheibe *r*.

Fig. 72 a.



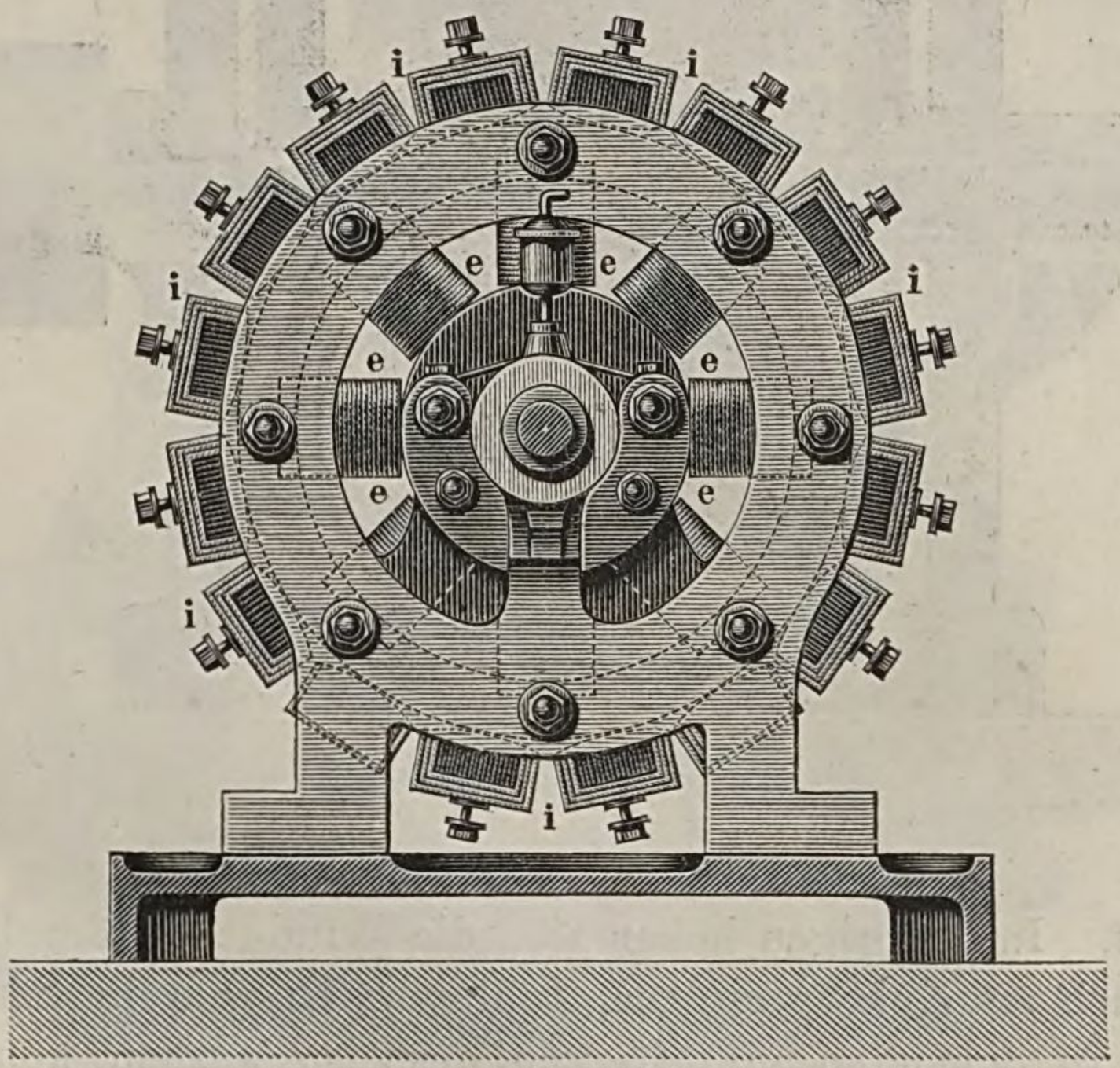
Die Commutatoren *u* und u_1 liegen zu beiden Seiten der Maschine. *u* dient zur Ableitung des continuirlichen Stromes, u_1 zur Vertheilung der Wechselströme auf die äussern Stromkreise. Diese Maschine soll 4 bis 8 Jablochkoff'sche Kerzen mit 380 oder 12 dergleichen mit 190 Normalkerzen Lichtstärke, in letztem Falle mit vier Pferdekräften unterhalten.

§. 29.

Wechselstrommaschine von Jablochkoff.

Jablochkoff hat wegen der Erweiterung seines Systems der elektrischen Beleuchtung besonderes Interesse an der Ausbildung der Wechselstrommaschine; er hat sich selbst damit befasst und eine Construction gefunden, welche die Leistung dieser Maschine erhöhen und den Aufwand an mechanischer Arbeit vermindern, Behandlung und Reparaturen dabei vereinfachen resp. erleichtern soll. Wie aus Fig. 73 erkennbar, sind die Elektromagnete *e e* wie bei Gramme (Fig. 71) gruppirt, welche auch in

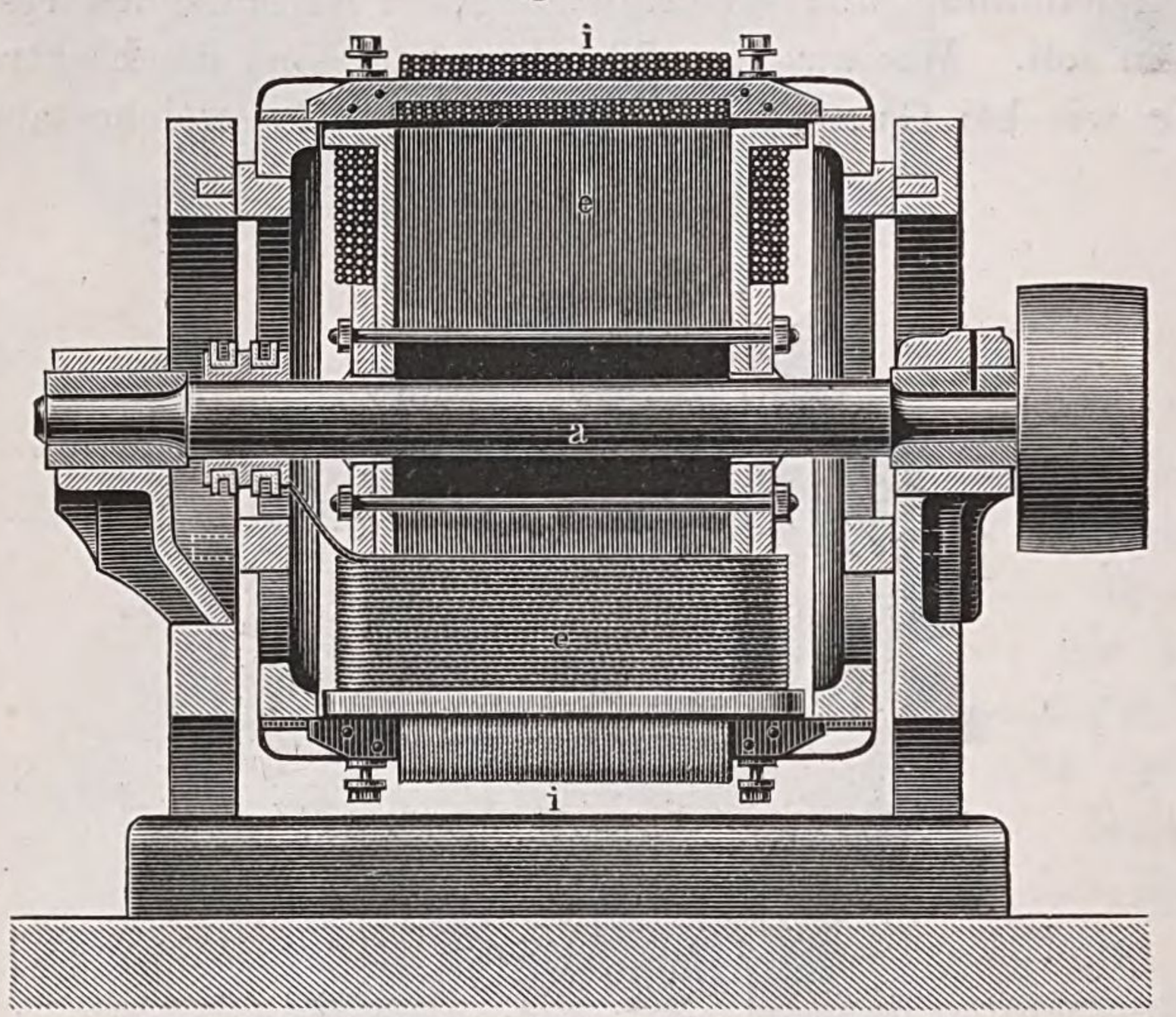
Fig. 73.



ähnlicher Weise wie dort, innerhalb des festliegenden, kreisförmig angeordneten Inductors *i i* rotiren. Im Uebrigen sind Inductor und Elektromagnete der Jablochkoff'schen Maschine von der Gramme'schen Construction nicht unwesentlich unterschieden. Der Inductor besteht aus 16 getrennten, völlig selbständigen Theilen *i*, deren Bildung aus Fig. 73a (a. f. S.) klarer her-

vortritt. Die Kerne derselben sind aus 1 mm starken, durch Papier getrennten Eisenplatten zusammengesetzt und untereinander vernietet; ihre Länge beträgt 22 cm und ihre Breite 7 cm; sie sind bewickelt mit 2 mm starkem Kupferdraht von 0,3 *S. E* Widerstand. Die freien Enden der Wicklung führen an zwei auf den Inductortheilen befindlichen Schrauben, an welche auch die Lichtkreise anschliessen, so dass im Ganzen 16 Kreise gebildet werden, in denen je eine Jablochkoff'sche Kerze (Fig. 29) brennt, wonach die Maschine auch die „16-Lichtmaschine“ ge-

Fig. 73a.

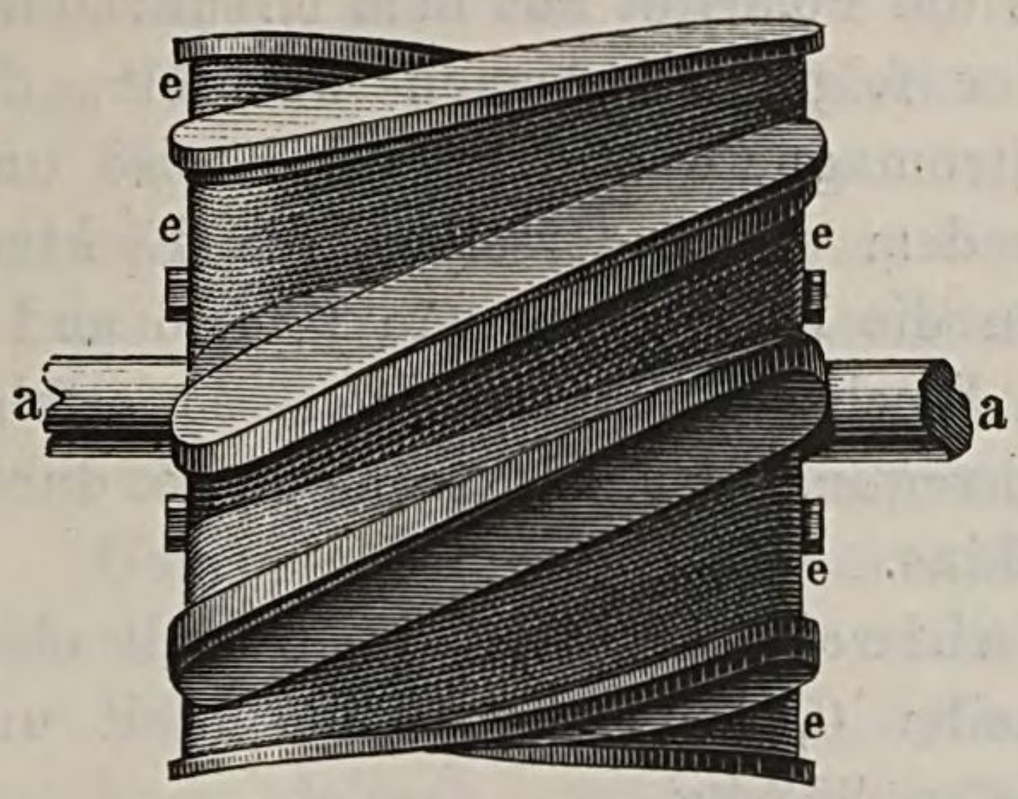


nannt ist. Im Uebrigen lassen sich die Windungen der Inductortheile auch zu einer geringern Zahl von Kreisen in Serien vereinigen, in denen so viel Kerzen gespeist werden können als Inductortheile dazu herangezogen sind.

Sämmtliche Inductortheile sind auf zwei kupfernen Endplatten zum Kreise gruppirt, dessen Durchmesser 0,42 m beträgt und bilden so einen Cylinder, welcher mittelst zweier Ringe an das gusseiserne Gestell der Maschine in fester Verbindung anschliesst. Bei dieser Anordnung kann jede einzelne Kerze gelöscht werden, ohne dass die übrigen darunter leiden; jeder einzelne Theil des

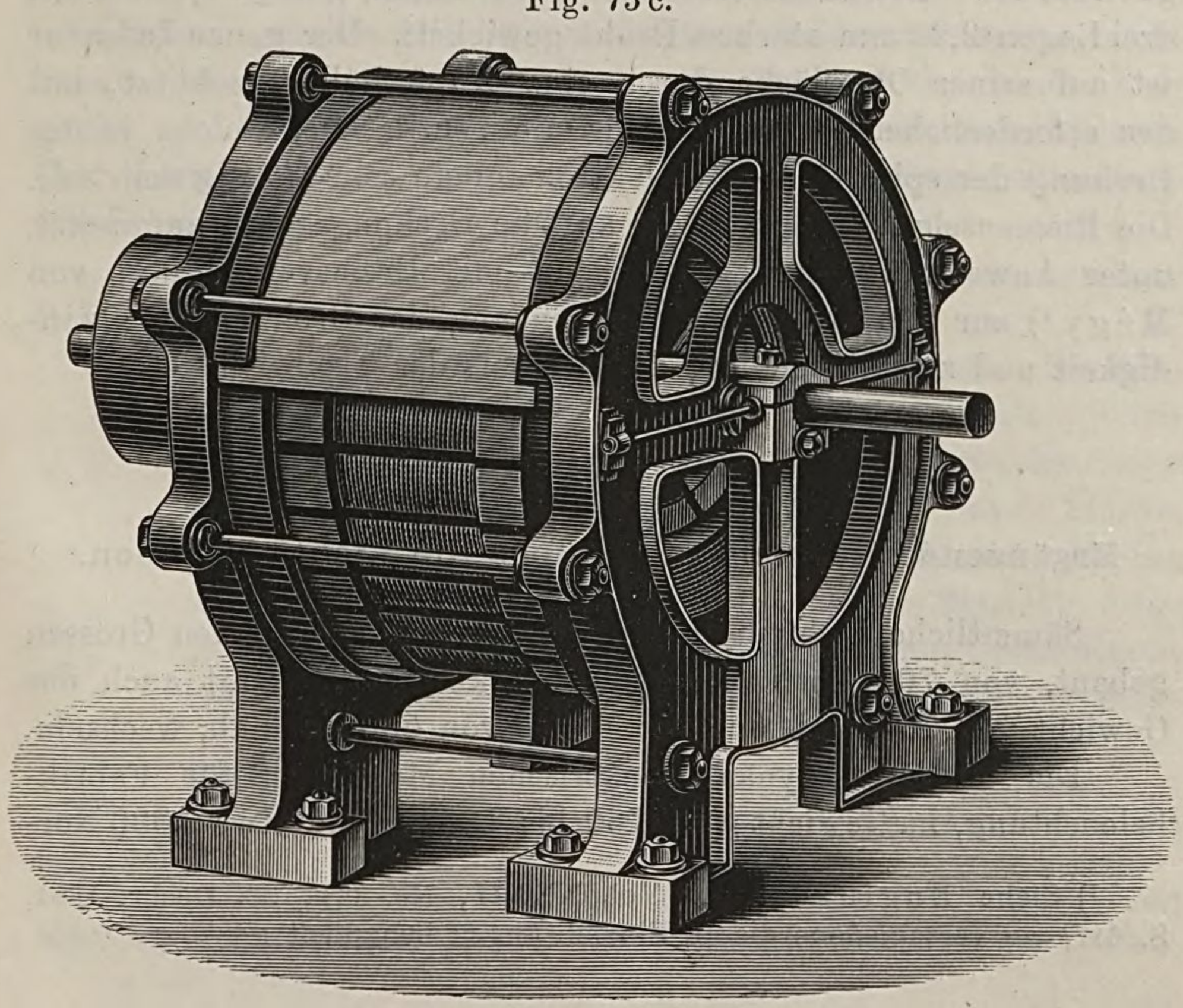
Inductors lässt sich mit Leichtigkeit, selbst während des Betriebes, entfernen resp. ersetzen ohne denselben für die übrigen Theile respective Lichtkreise zu stören.

Fig. 73 b.



Die Anordnung der Elektromagnete *e e* und deren Bewicklung ist zwar auch aus den Figuren 73 und 73 a zu erkennen; die in der spiralförmigen Gestalt bestehende Eigenthümlichkeit tritt uns aber erst durch Fig. 73 b entgegen. Die Kerne derselben sind aus sternförmigen Eisenplatten mit acht Armen von 3 bis 4 mm Dicke gebildet, indem solche in der erforderlichen Zahl auf der Drehungsachse *a* zusammengereiht und

Fig. 73 c.



in der Achsenrichtung durch Bolzen zusammengepresst werden, nachdem die acht Arme jeder Platte unter dem der Gesammtform entsprechenden leichten Winkel gegen einander verstellt sind.

Die Bewicklung der acht Arme mit Kupferdraht von 3,7 mm Stärke ist so ausgeführt, dass die Polarität aus dem circulirenden Strom in den hinter einander folgenden Armen wechselt; die ganze Wicklung dieser Elektromagnete bildet zwei Kreise und zwar in der Weise, dass in dem einen derselben die Elektromagnete 1, 3, 5, 7, im andern die Elektromagnete 2, 4, 6 und 8 liegen. Wie bei den anderen Wechselstrommaschinen, so erfolgt auch hier die magnetische Erregung der Elektromagnete durch eine dynamo-elektrische Maschine.

Die 16-Lichtmaschine Jablochkoff's ist im Gestell ohne die 0,22 m breite Riemenscheibe 0,61 m lang, 0,5 m breit und 0,65 m hoch; ihr Gewicht beträgt 352 kg.

Derselben ähnlich ist die 32-Lichtmaschine construirt, wovon Fig. 73 c (a. v. S.) die Generalansicht liefert; sie führt 16 Elektromagnete, deren jeder aus sieben Lagen 3,8 mm starkem Draht gebildet ist. Die Inductortheile, etwas anders gelagert, sind mit drei Lagen 2,20 mm starkem Draht gewickelt. Der ganze Inductor ist auf seiner Oberfläche durch eine Kupferhülle geschützt, mit den erforderlichen Oeffnungen für die Ventilation, welche in der Drehung der spiralförmigen Elektromagnete sehr kräftig sein soll. Die Riemenscheibe ist hier lose auf die Drehungsachse aufgesetzt, unter Anwendung der Transmission mit Bremsvorrichtung von Mégy [1]) zur Regulirung und Begrenzung der Drehungsgeschwindigkeit und zur Abwendung des Gleitens der Treibriemen.

§. 30.

Ergänzende Betrachtungen über die Lichtmaschinen.

Sämmtliche Lichtmaschinen werden in verschiedenen Grössen gebaut, von 700 Normalkerzen Leuchtkraft ab, womit auch das Gewicht von 70 kg ab und die Preise von 500 Mark ab, wechseln.

Die mittleren dynamo-elektrischen Maschinen für Fabrikbeleuchtung, im Gewicht von 160 bis 180 kg und etwa 4000 Nor-

---

[1]) Siehe Engineering, Vol. XXXII, Nr. 834, 23. Decbr. 1881, S. 617, wo verschiedene dieser Einrichtungen behandelt sind.

malkerzen Maximalleuchtkraft, bei einem Aufwand von 3 bis 4 Pferdekräften (700 bis 900 Touren Geschwindigkeit pro Minute des Inductors) sind in der Siemens'schen neuern, stehenden Form [1]) (Fig. 70c) und in der Gramme'schen Construction etwa 0,50 bis 0,60 m hoch, 0,30 bis 0,40 m breit und 0,40 bis 0,50 m lang, und kosten etwa 1500 Mark.

Die Wechselstrommaschinen haben etwa den doppelten Preis und das doppelte Gewicht. Am bequemsten zur Verwendung ist die combinirte Gramme'sche Maschine (Fig. 72), welche etwa 0,50 bis 0,60 m hoch, 0,45 m breit und 0,70 m lang ist und mit 1000 bis 1500 Touren pro Minute arbeitet.

Genauere Angaben darüber während der gegenwärtigen Ausbildungsperiode zu liefern, würde wenig Werth haben.

Wir haben an anderer Stelle bereits bemerkt, dass die Lichtmaschine vielfach verändert worden ist. Sämmtliche Veränderungen [2]) zu besprechen liegt aber ausserhalb der Grenzen dieser Arbeit und darf umsomehr unterbleiben, als bessere Erfolge von den in unserer Arbeit nicht behandelten Constructionen nicht zu verzeichnen sind. Dass die Lichtmaschinen in den von uns betrachteten Formen noch nicht die höchste Vollkommenheit erreicht haben, ist umsomehr anzunehmen, als ein Theil der innern Vorgänge mit Sicherheit noch gar nicht erkannt ist; im Uebrigen aber gewisse Mängel offen vorliegen, deren Beseitigung allerdings mit Schwierigkeiten verknüpft ist.

Von einer guten Lichtmaschine wird im Allgemeinen zur Befriedigung des praktischen Bedürfnisses verlangt:

> Mässiges Gewicht, möglichst geringer Preis, Einfachheit der Construction, solide Verbindung in allen Theilen, gleichmässiger, regelmässiger Gang, gleichmässige Erzeugung der Elektricität in möglichst hoher Stärke, behufs Bildung mehrerer kräftiger Flammen im Kreise, möglichst geringe Erhitzung bei dauerndem Betriebe, möglichste Beschränkung der Funkenbildung am Commutator, möglichst geringer Kraftaufwand auf die Rotation, mög-

---

[1]) Hülfsmaschine zur Wechselstrommaschine (Fig. 70c); vergleiche mit Fig. 13.

[2]) Die Maschinen von Holmes, Lontin und Farmer-Wallace sind von Fontaine in seinem Werke „Die elektrische Beleuchtung“ beschrieben.

lichst einfache Behandlung im Betriebe, leichte Zugänglichkeit zu den am meisten gefährdeten Theilen, leichte Reparaturausführung derselben und möglichster Schutz für die gegen Verunreinigung empfindlichen Stellen.

Wir wissen, dass der elektrische Strom den von ihm durchflossenen Leiter erwärmt und kennen die Mittel, um die mit Elektricitätsverlust verbundene Erwärmung in denjenigen Theilen des Kreises zu vermindern, in denen die Wärme nicht nutzbar gemacht werden soll. Weiter wissen wir, dass auch in den Eisentheilen des rotirenden Inductors freie Wärme auftritt (Seite 44). Dieselbe bildet sich einerseits aus Inductionsströmen durch Einwirkung des festen Magnets auf die rotirenden Eisentheile und tritt um so stärker auf, je grösser die bewegten Eisenmassen sind, sofern nicht für eine Theilung derselben durch isolirende Schichten bei Anwendung der Platten- oder Drahtform gesorgt ist, andererseits und vorzugsweise aber aus dem plötzlichen Wechsel der Polarität bei schneller Drehung unter festliegenden Magnetpolen, namentlich in der Nähe des Sättigungszustandes. Dieser Einfluss wird abgeschwächt, wenn der Polaritätswechsel seltener und allmälig erfolgt, wie beim Siemens'schen Cylinder- oder dem Gramme'schen Ringinductor, in denen während der vollen Umdrehung nur ein zweimaliger Polwechsel stattfindet; und er wird gänzlich behoben, wenn der rotirende Inductor Eisentheile überhaupt nicht enthält oder wenn die vorhandenen Eisentheile an der Drehung nicht Theil nehmen. Letzteres ist aber zur Zeit nur in beschränktem Maasse anwendbar. Die meisten Maschinen erhitzen sich bei starker Rotation, zur Erzielung kräftiger Wirkungen ziemlich bedeutend, und der Kraftverlust daraus ist recht empfindlich. Angesichts der grossen Schwierigkeiten, welche sich der Abwendung entgegenstellen, kommt es darauf an, jeden Vortheil wahrzunehmen; selbst die mechanischen Kraftverluste durch Reibung in festen Theilen oder an der umgebenden Luft verlangen gebührende Berücksichtigung, und man sollte nicht unterlassen, die Wirkung durch die Wahl guter Constructionen zu unterstützen; dazu rechnen selbstverständlich alle diejenigen Maschinentheile, welche auf den regelmässigen sichern Gang der Maschine Einfluss haben, denn der elektrische Betrieb ist nicht nur empfindlich für Wärmewirkungen, sondern auch gegen alle mechanischen Unregelmässigkeiten

(Stossen, Schleudern etc.) sowohl aus dem Betriebe des Dampfmotors, wie auch der elektrischen Maschine; und selbst das unbedeutendste Gleiten des Treibriemens kann das Licht zum Erlöschen bringen.

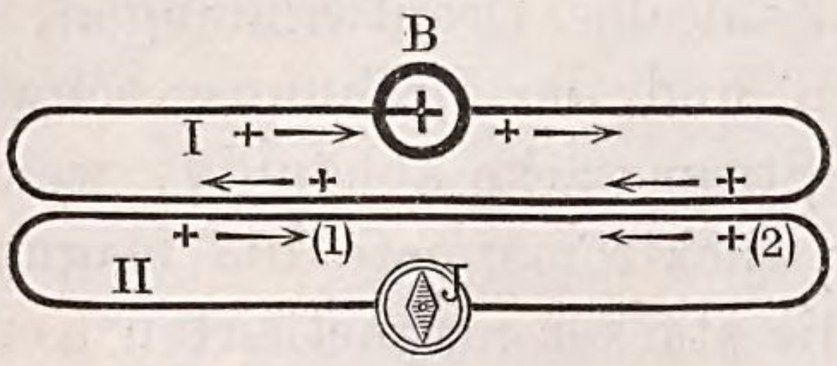
Wir haben gesehen, dass jede Lichtmaschine einen Theil Windungen führt, welche den Widerstand des Kreises vergrössern, an der elektromotorischen Wirkung aber nicht oder nur in einem unverhältnissmässig geringen Theile participiren, oder gar der elektromotorischen Kraft aus andern Windungen entgegenwirken. Letzteres wird bekanntlich den auf der Innenseite des Gramme'schen Ringes nothwendig fortgesetzten, ausserhalb des magnetischen Feldes liegenden Windungen zum Vorwurf gemacht; und in der Siemens'schen dynamo-elektrischen Maschine sind wieder die elektromotorischen Kräfte aus den Windungen der Kopfflächen des Inductors (Fig. 67) nahe gleich Null. Diese sogenannten todten Windungen möglichst zu vermindern resp. besser auszunutzen ist mehrfach angestrebt, wie wir uns aus der Construction der verschiedenen Lichtmaschinen überzeugt haben; ob aber gerade die darauf gerichteten Veränderungen überall von dem erwünschten Erfolge begleitet gewesen, ist nicht erwiesen. Die Vorgänge innerhalb der Lichtmaschinen sind eben nicht genügend bekannt; so viel steht aber fest, dass in einem so complicirten System, aus den ausserordentlich starken primären Strömen intensive secundäre Wirkungen auftreten müssen, von denen ein Theil unterstützend, ein anderer aber schwächend wirken kann; und diese inducirten Nebenwirkungen äussern sich nicht nur direct in den Drähten, dem eigentlichen Stromwege, sondern können aus andern bewegten oder feststehenden Metallmassen auf denselben zurückwirken, namentlich auch den Magnetismus der Eisentheile schwächen. Dass die Nebenwirkungen aus der Induction stärker auftreten, je grösser die Zahl der Drahtwindungen, ist zweifellos. Von der Zahl derselben und der Drehungsgeschwindigkeit des Inductors ist aber die Stromstärke abhängig, welche wieder mit der Windungszahl der Elektromagnete die magnetisirende Kraft bestimmt, während die stärker magnetisirten Kerne der Elektromagnete auch den inducirten Betriebsstrom verstärken. Dieser verstärkte primäre Strom vergrössert zwar auch die schwächenden Nebenwirkungen, niemals aber in dem Maasse, dass die Verstärkung des erstern dadurch unmöglich würde; indess

wird der Aufwand verhältnissmässig immer grösser sein, als die nutzbare Wirkung. Der Elektromagnet würde weit geringer zu magnetisiren sein, wenn die störenden Nebenwirkungen vermieden werden könnten und die zur Bildung der stärkern magnetisirenden Kraft erforderliche Elektricität der Lichtbildung zufiele resp. die grössere Zahl der Elektromagnetwindungen mit ihrem Widerstande aus dem Lichtkreise austräten. Ob es gelingen wird, die nachtheiligen Inductionswirkungen gänzlich zu beseitigen, lässt sich nicht absehen; selbst das rechte Maass resp. das günstigste Verhältniss zu finden, wird zunächst meist den Versuchen überlassen bleiben müssen.

In dem Betriebe mit Wechselströmen werden die Vorgänge insofern noch complicirter, als fortwährend eine Umkehrung des Betriebsstromes eintritt, womit auch die Nebenwirkungen dem Wechsel in gleichem Maasse unterworfen sind, und wobei schon durch das System bedingt, im Moment des Schliessens und Oeffnens des Stromkreises, Schliessungs- und Oeffnungsströme auftreten, welche den Betriebsstrom verändern und die Funkenbildung an den schleifenden Contacten verstärken können. Dieser ausserordentlich störenden Nebenwirkung entgegenzutreten, müssen die Windungen, in denen sich die Wechselströme bilden, in möglichst vielen Punkten nach dem Commutator abgeleitet sein, weil sich diese Secundärströme umsomehr verstärken, je grösser die Zahl der Drahtwicklungen ist, welche inducirend aufeinander wirken.

Ueberall wo Stromwege nahe aneinander liegen, wirkt der Strom aus der einen Leitung inducirend auf die benachbarten Drähte, und um so kräftiger, je stärker derselbe ist. Diese Wirkung des circulirenden Stromes heisst Volta-Induction. Dieselbe ist leicht an zwei getrennten Kreisen I, II der Fig. 74 zu beobachten. Wird Kreis I geschlossen, so bemerkt man an einem in den Kreis II eingeschalteten geeigneten Instrument *J* das Auftreten eines dem primären Strom der Batterie *B* entgegengesetzt gerichteten Inductionsstromes (1) von sehr kurzer (momentaner) Dauer; bei demnächstiger Oeffnung des Kreises I entsteht in II ein zweiter momentan wirkender aber mit dem primären Strom gleichgerichteter Inductionsstrom (2). Ersteren (1)

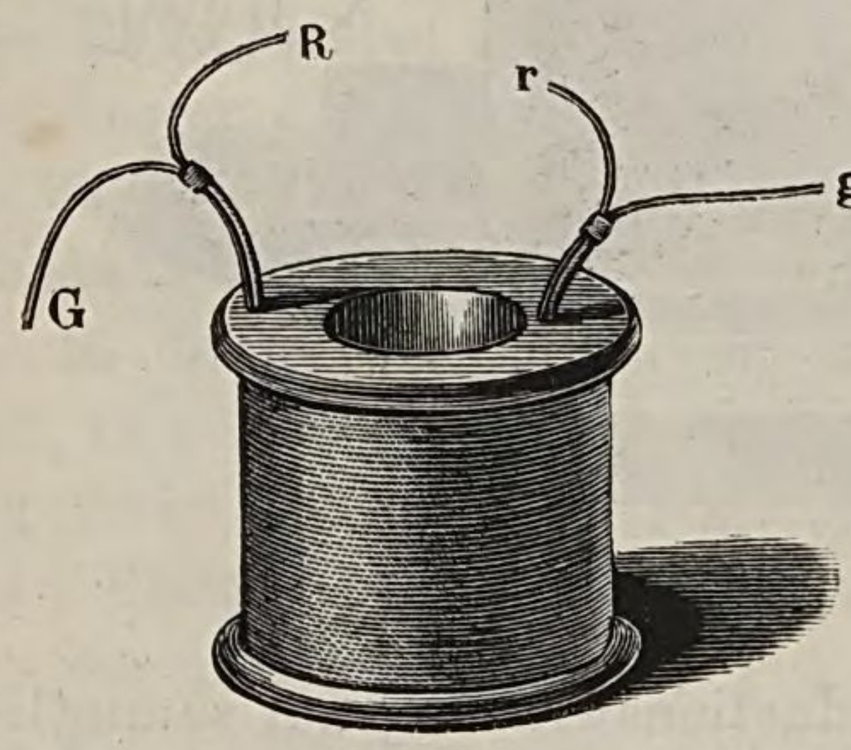
Fig. 74.



nennt man „Schliessungs-, letzteren (2) Oeffnungsstrom“. So lange der Strom im primären Kreise unverändert circulirt, zeigt sich die Inductionswirkung nicht; wohl aber wenn sich der primäre Strom plötzlich verstärkt oder schwächt. Die Stärke der Inductionsströme, welche stets den Stärken der primären Ströme proportional ist, entspricht dann den Differenzen des primären Stromes; die Wirkung ist um so kräftiger, je stärker der primäre Strom resp. je grösser die Stromesdifferenz ist, je näher die benachbarten Leitungen einander liegen und je länger dieselben in dieser Lage, während im Uebrigen die secundären Ströme dem Widerstande ihres Kreises umgekehrt proportional sind.

Windet man zwei isolirte Drähte in paralleler Lage gleichzeitig zur Spirale (Fig. 75), so erhält man vier freie Enden $G\,R$ und $g\,r$, welche zu zwei getrennten Kreisen (Fig. 74 I und II) verbunden werden können, die sehr nahe aneinander liegen (Inductionsrolle) und in denen sich, bei der Wahl genügend langer Drähte, die Inductionswirkung sehr gut erkennen lässt. Eine ähnlich kräftige Wirkung erhält man, wenn zwei einfache Drahtrollen ineinander geschoben sind, in der Verbindung Fig. 76 (a. f. S.).

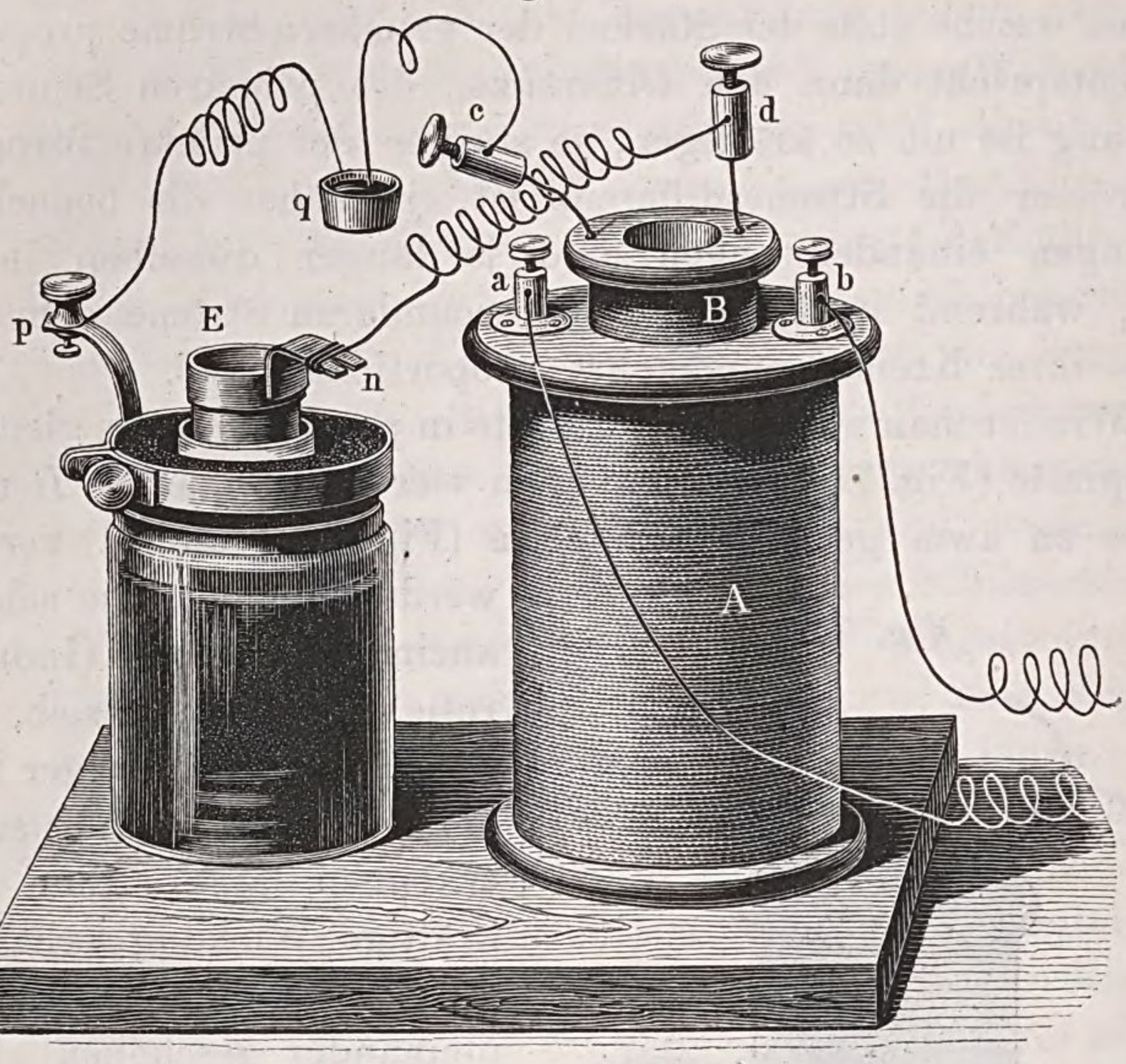
Fig. 75.



Die mit den Polen $p\,n$ des Elements E durch Klemmen $c\,d$ verbundene Spirale B bildet den primären Kreis (inducirende Spirale), und die äussere Spirale A nimmt durch Vermittlung der Klemmen $a\,b$ ein Galvanometer (S. 109) auf, dessen Nadel in dem Moment in einmalige zuckende Bewegung tritt, in welchem man den primären Kreis durch Eintauchen des freien Drahtendes in das Quecksilbernäpfchen q schliesst oder durch Ausheben aus demselben öffnet. Während der galvanische Strom in der primären Rolle B circulirt, lassen sich die momentan auftretenden Inductionsströme auch dadurch bilden, dass man diese Rolle plötzlich in der Rolle A anhebt oder senkt, also die Lage beider Spiralen zu einander verändert; es ist dieselbe Wirkung als ob der Strom plötzlich geschwächt oder verstärkt würde, wobei resp. Oeffnungs- und Schliessungsströme entstehen.

Wird in Stelle der Batterie resp. des Elements E ein Inductionsapparat, also auch die Lichtmaschine benutzt, so bleiben die Erscheinungen dieselben, und wo mehrere Drähte nahe anein-

Fig. 76.



ander liegen, erstreckt sich die Inductionswirkung auf sämmtliche derselben, sei es durch inducirende Wirkung aus dem primären Kreise oder durch Vermittlung der secundären Ströme. In ähnlicher Weise bilden sich auch Inductionsströme in benachbarten Eisenmassen; ebenso in den sehr nahe aneinander liegenden,

Fig. 77.

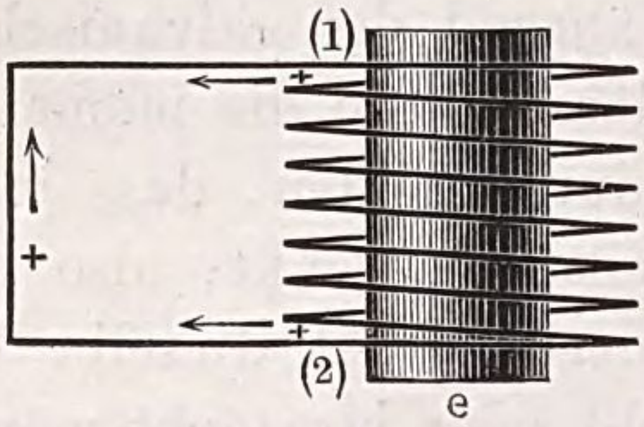
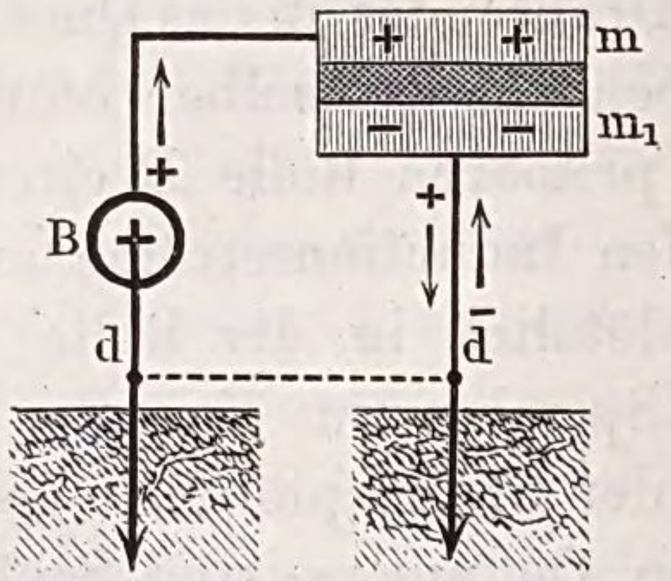


Fig. 78.



vom Strom durchflossenen Spiralwindungen (Elektromagnet- und Inductorwindungen) desselben Stromkreises (Fig. 77), welche inducirend untereinander wirken. Beim Stromschluss entstehen hier dem primären Strom entgegengesetzte Inductionsströme (1), welche denselben somit schwächen, und beim Oeffnen des Kreises zeigen sich die dem primären Strom gleichgerichteten Inductionsströme (2) in Funkenerscheinung an der Trennungsstelle. Diese in demselben Stromkreise inducirten Ströme heissen „Extraströme“. Dieselben treten intensiver auf, wenn sich innerhalb der Spirale ein Eisenkern *e* befindet, dessen Magnetismus beim Entstehen und Verschwinden bekanntlich ebenfalls inducirend auf die Spirale wirkt.

Der fortwährende Stromwechsel in den Wechselstrommaschinen ist dem fortwährenden Oeffnen und Schliessen des Kreises gleich zu erachten, und es ist klar, dass in denselben, neben sonstigen Inductionswirkungen, auch diese Extraströme eine wesentliche Rolle spielen müssen.

Ausser der Volta-Induction beobachtet man aber auch unter Umständen, namentlich da, wo isolirte Leitungen in getrennten Kreisen neben einander liegen, störende Ladungserscheinungen.

In der vom elektrischen Strom durchflossenen Leitung findet dann, in der Eigenschaft derselben als Condensator, eine Anhäufung freier Elektricität statt und zwar nach dem im gewöhnlichen Plattencondensator (Fig. 78) dargestellten Vorgange [1]).

Die mit dem positiven Pol der Elektricitätsquelle *B* verbundene Metallplatte *m* ladet sich mit positiver Elektricität. Durch die Wirkung der elektrischen Vertheilungskraft sammelt sich in gleichem Maasse auf der durch einen Isolator von *m* getrennten gleichen Platte m_1 negative Elektricität. Es ist dies die Erscheinung an der bekannten Leydener Flasche; *m* ist die innere, m_1 die äussere Belegung; und was die Ladung dieser Flasche verstärkt, wirkt auch verstärkend auf die der elektromotorischen Kraft der Elektricitätsquelle proportionalen Ladung des Plattencondensators.

Zwei in getrennten Kreisen nebeneinander liegende isolirte Drähte $d\,d_1$ (Fig. 79 a. f. S.) liefern offenbar dasselbe Bild; $d\,d_1$ sind die

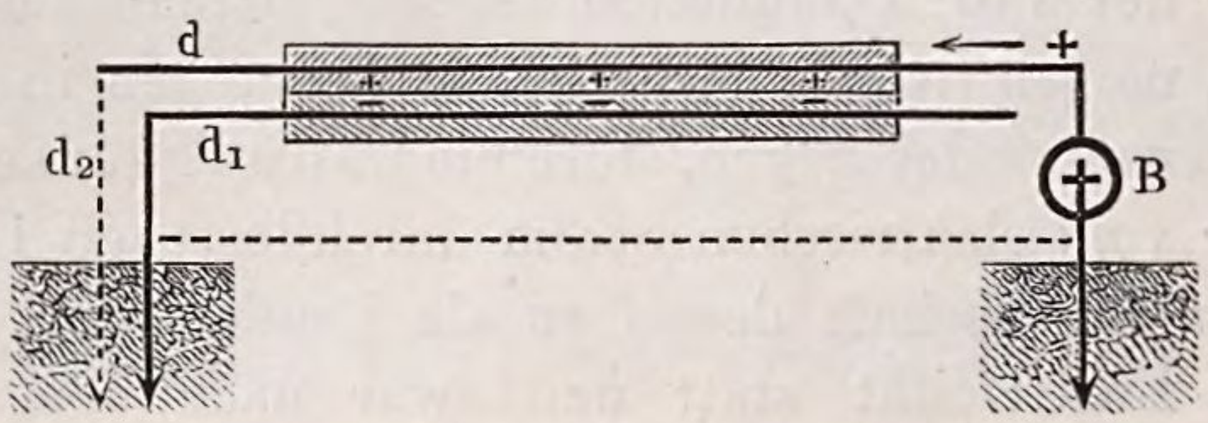
---

[1]) Die beiden Drähte *d d* sind hier mit der Erde verbunden, können aber auch statt dessen oder neben dieser Verbindung direct verknüpft sein, wie durch punktirte Linie angedeutet.

beiden Belegungen, und die Hülle der Drähte trennt dieselben. Der in d eintretende positive Strom inducirt negative Elektricität in d_1; auf der Oberfläche beider Drähte bildet sich die Ladung, welche auf das Abströmen [1]) der Elektricitäten im Kreise störend wirkt. Die Ladung kann bei Anwendung starker elektromotorischer Kräfte unter Umständen so gross werden, dass in der directen Ausgleichung der Spannung die isolirende Hülle durchbrochen wird. Wir begegnen den Ladungserscheinungen aber auch bei einfachen Kreisen und überall da, wo die Bedingungen für die condensirende Wirkung gegeben sind, wo beispielsweise die Drahtwindungen der Elektromagnete an Eisen- oder Metallplatten anlehnen, welche mit dem Erdkörper in leitender Verbindung stehen, während die Erde oder ein Rohrsystem als Rückleitung für den Strom dient u. s. w.

Die Bildung der Elektromagnete in den dynamo-elektrischen Maschinen erfordert einen gewissen Aufwand an Elektricität, ist

Fig. 79.



also den magnet-elektrischen Maschinen gegenüber mit wirklichem Kraftverlust verbunden, und die Schwächung des Magnetismus durch Inductionswirkungen verstärkt denselben, sofern der Ersatz in der grösseren Rotationsgeschwindigkeit und in der Vermehrung der Drahtwicklungen zu suchen ist, welche den Widerstand des Kreises erhöhen resp. den Strom schwächen, gleichzeitig aber auch wieder die secundären Wirkungen verstärken. Darin, dass der Magnetismus der Elektromagnete die Eisentheile des rotirenden Inductors magnetisirt, sowie in dessen Wicklung direct Inductionsströme erzeugt, ist ein weiterer Kraftaufwand erforderlich. Letztere sind im allgemeinen von schwacher Wirkung und

---

[1]) Ein Abströmen der Elektricität findet hier nicht statt, tritt aber ein, wenn an d die Verbindung d_2 angesetzt wird, was die Ladungserscheinung unverändert lässt.

werden erst durch den im Kern des Inductors inducirten Magnetismus, also gewissermaassen im secundären Vorgange verstärkt.

Wie für die magnetische Vertheilungskraft, so giebt es auch für die magnetisirende Kraft der Spirale eine günstigste Lage für die inducirend auf einander wirkenden Theile, in welcher die Wirkung überwiegend zum Ausdruck kommt. Es ist klar, dass der die Elektromagnetwindungen durchfliessende Strom nicht nur magnetisirend auf die Eisenkerne des Elektromagneten wirkt, sondern auch auf andere in der Nähe befindliche Eisentheile des Inductors etc.; in den am günstigsten gelegenen Kernen muss sich aber nothwendig die grösste Kraft daraus entwickeln. Ebenso wird der in den Drahtwindungen des Inductors circulirende Strom mehr oder weniger magnetisirend sowohl auf den eigenen Eisenkörper wie auch auf die Nachbarschaft aus magnetischen Metallen wirken. Dieses Bild der Ruhelage zeigt sich auch in der Bewegung des Inductors, wobei aber aus allen magnetisirten Theilen stärkere oder schwächere Inductionsströme in den rotirenden Drahtwindungen erzeugt werden, sofern dieselben nicht gerade eine solche Lage haben, dass die elektromotorische Wirkung gleich Null ist. Die Lage der festen und bewegten Theile unter-einander bestimmt die Grösse der Einwirkung. Soweit nun die dabei erzeugten Kräfte innerhalb derselben Theile nicht in gleichem Sinne auftreten, müssen sich dieselben nothwendig gegenseitig schwächen; und diese mit Kraftverlust verknüpften Schwächungen, sowie vollkommen todte Windungen auszuschliessen, um die Leistung der dynamo-elektrischen Maschine zu erhöhen, ist Sache der Construction, welche dabei auf mancherlei Schwierigkeiten stösst, wie wir aus unseren Betrachtungen bereits erkannt haben.

Den Einfluss der Lage von Stromkreis und Magnet besser zu erkennen, lassen wir einige einfache Beispiele folgen.

In Fig. 80 (a. f. S.) ist der feststehende Magnet M vom beweglichen Leiter L umgeben. Circulirt darin ein Strom, so dreht [1]) sich der Leiter mit der Differenz des von beiden Magnetpolen ausgeübten Druckes (§. 8, S. 62).

Liegt ein Magnetpol ausserhalb des geschlossenen Leiters (Fig. 80 a a. f. S.), so wirkt ersterer in entgegengesetztem Sinne

---

[1]) Der Leiter ist so unterstützt, dass seine Drehung um die durch gebrochene Linie dargestellte Achse erfolgt.

auf den entfernten Leitungszweig; beide Kräfte unterstützen sich aber, um den Leiter zu drehen [1]); während auf die horizontalen Zweige nur eine sehr schwache Kraftäusserung aus der durch punktirte Linien markirten Seitenwirkung entfällt.

Fig. 80b ist eine Combination beider Fälle, verstärkt durch einen zweiten Magnetpol zu Fig. 80a. Die Seitenwirkung aus den äusseren Polen auf die horizontalen Zweige des Leiters wird durch den Eintritt des inneren Magneten fast ganz aufgehoben; zwischen den gegenüberstehenden ungleichnamigen Polen sind aber kräftige magnetische Felder gebildet. Die Drehung [1]) des Leiters erfolgt unter sonst gleichen Umständen unter der Wirkung aller vier Pole kräftiger, als in den beiden ersten Fällen.

Fig. 80.

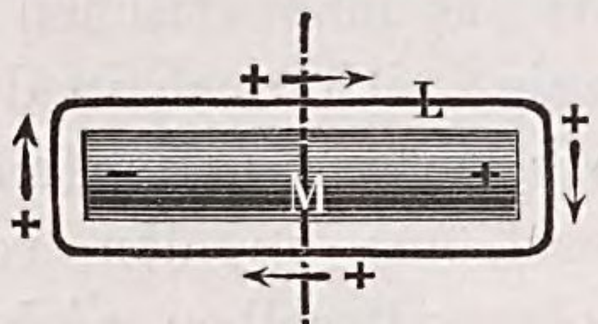


Fig. 80a.

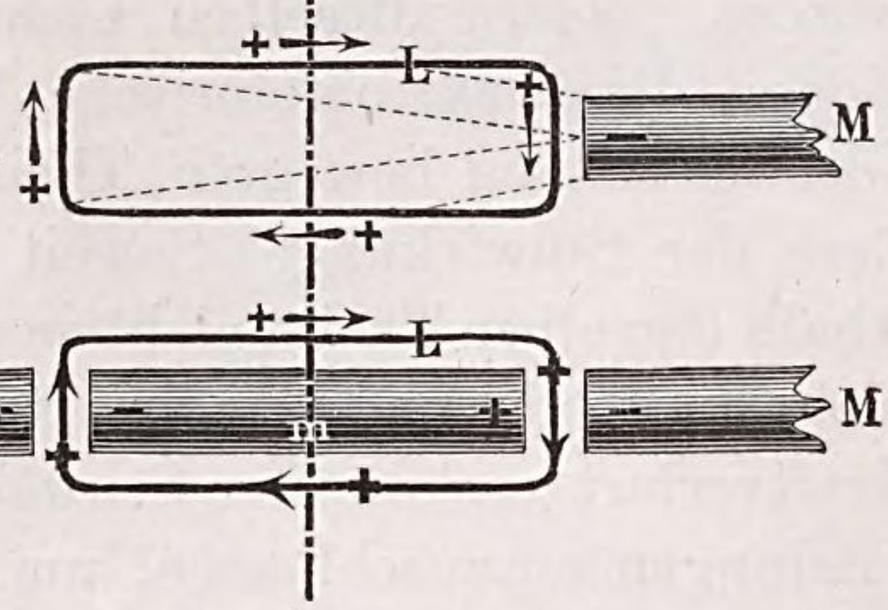


Fig. 80b.

Das Bild bleibt auch ungeändert, wenn der innere Magnet durch einen Eisenstab *m* ersetzt ist, in welchem dann aus den beiden äusseren Polen die markirte Polarität inducirt wird.

Die Erscheinungen erklären sich am leichtesten dadurch, dass der vom Strom durchflossene Leiter als Magnet gedacht wird, mit der Pollage auf den beiden offenen Seiten, so dass also in den Figuren 80 und 80a je zwei Magnete, von denen einer beweglich, in der Richtung ihrer magnetischen Achsen senkrecht auf einander gestellt sein würden. Kennt man dabei die Lage der Pole, so ergiebt sich die Bewegungsrichtung aus der Betrachtung der anziehenden und abstossenden Wirkung, und es bleibt dann auch kein Zweifel darüber, dass bei feststehendem Stromkreise und beweglich aufgehängtem Magneten die Bewegung auf diesen entfällt, eine Erscheinung, die übrigens aus der Wirkung

---

[1]) Der Leiter ist so unterstützt, dass seine Drehung um die durch gebrochene Linie dargestellte Achse erfolgt.

des elektrischen Stromes auf die Magnetnadel allgemein bekannt ist. In gleicher Weise können wir den Magneten als einen vom elektrischen Strom durchflossenen geschlossenen Leiter, und in verstärkter Wirkung, als eine vom elektrischen Strom durchflossene geschlossene Spirale betrachten [1]). Wir hätten es dann in unseren Fällen mit einem beweglich aufgehängten Strom unter dem Einfluss eines vom Strome durchflossenen festen Leiters zu thun, wobei ersterer ebenfalls gedreht wird. Die ablenkende Wirkung des Magneten ist aber allgemeiner bekannt, weshalb wir der ersteren Vorstellung den Vorzug geben, aus welcher leicht zu übersehen ist, dass sich der beweglich aufgehängte, als Magnet gedachte Leiter in der Lage unserer Figuren um 90^0 drehen kann, bis die Pole einander das Gleichgewicht halten, sofern andere Kräfte, zu denen auch der Erdmagnetismus zu rechnen, nicht darauf einwirken.

Die Erscheinungen bei elektrischen und magnetischen Vorgängen lassen sich überall umkehren. Wird daher ein stromloser geschlossener Leiter in den von uns angenommenen Lagen durch eine mechanische Kraft gedreht, so werden darin unter dem Einfluss des Magnetismus Ströme inducirt, welche die entgegengesetzte Richtung von dem Strome haben, unter dessen Einfluss sich der Leiter durch die Kraft der Magnete drehen würde; und diejenigen Theile des Leiters, welche in letzterem Falle die Drehung weniger oder gar nicht unterstützen würden, werden auch bei der Bewegung des Leiters durch mechanische Einwirkung an der Bildung der elektromotorischen Kraft weniger oder gar nicht betheiligt sein, ebenso wird in der betrachteten Gleichgewichtslage, selbst bei fortgesetzter Drehung, keine elektromotorische Wirkung eintreten können.

Nach diesen Betrachtungen ist es klar, dass auch bei der durch Einwirkung von Strom und Magnetismus erfolgenden

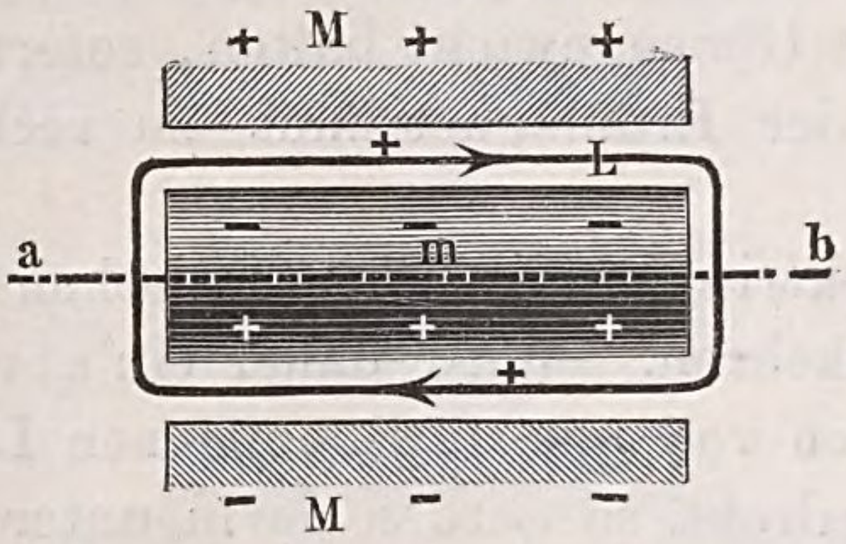
---

[1]) Die Uebereinstimmung in der Wirkung zwischen einer vom elektrischen Strom durchflossenen Spirale und einem Magnet ist bewiesen; und diese Identität erstreckt sich auch auf den einfachen Kreisstrom unserer Figuren. Auf der Wechselwirkung zwischen elektrischen Strömen und Magneten, deren wir bereits für die Entstehung des Magnetismus (§. 6, S. 43) gedacht haben, beruht überhaupt die Einrichtung der Lichtmaschinen. (W. Siemens versucht in Wiedemann's Annalen Bd. XIV, Heft 4, S. 635 die Magnetisirungstheorie zu modificiren.)

Drehung des Leiters, aus dieser Drehung Inductionsströme in demselben erzeugt werden, welche den primären Strom schwächen, und falls der bewegliche Leiter einen Eisenkern enthält, der durch den primären Strom magnetisirt werden würde, auch der Magnetismus dieses Eisenkerns geschwächt werden müsste, der wiederum auf andere magnetische Kräfte schwächend zurückwirkt.

Hiernach dürfte es keine Schwierigkeiten haben, die Vorgänge in der Fig. 81 specieller zu verfolgen, welche der Fig. 80 b nahe entspricht. *MM* sind feststehende Magnete, *m* ist ein Cylinder aus weichem Eisen, dessen Polarität sich unter dem Einfluss von *MM* bildet. Zwischen *M* und *m* entstehen kräftige magnetische Felder, innerhalb deren der Leiter *L* um die Achse *a b* rotirt. Die Richtung der entstehenden, je nach der Lage des Leiters verschieden starken Inductionsströme ist durch Pfeile markirt, wonach sich die Ströme beider Leiterhälften summiren. Ob der Leiter *L* mit dem Cylinder *m* verbunden ist und dieser rotirt, ändert diesen Vorgang nicht, welchem wir im Inductor der Siemens'schen dynamoelektrischen Maschine begegnen. Die Wirkung auf die senkrechten, kurzen Theile des Leiters, welche übrigens an der Drehung nicht gleichmässig participiren, ist offenbar höchst unbedeutend.

Fig. 81.



Auch der Vorgang im Gramme'schen Ringe (Fig. 82) tritt aus diesen Betrachtungen klarer hervor. Derselbe würde sich wesentlich ändern, wenn angenommen werden dürfte, dass sich unter dem Einflusse des Magneten *M*, bei genügend schneller Rotation des Ringes, nicht nur die obere und untere Ringhälfte entgegengesetzt magnetisirten, sondern auch im Querschnitte des Eisenkerns eine ähnliche Vertheilung der Polarität erfolgte. In diesem Falle würden sich die im Leiter *L* entstehenden Ströme nicht gegenseitig schwächen, sondern verstärken (S. 155).

Fig. 83 entspricht der durch einen zweiten Magnetpol verstärkten Zusammenstellung Fig. 80 a, nur sind die Polflächen *MM* hier näher an einander gerückt, wodurch sich das von denselben eingeschlossene magnetische Feld verstärkt. Sofern man darunter

die Wirkungssphäre der gegenübergestellten Magneten zu verstehen hat, würde mit der Erweiterung des Raumes der Charakter des wirksamen magnetischen Feldes selbstverständlich immer mehr schwinden. Aus diesem Grunde ist auch in der Anordnung bei der Wechselstrommaschine (Fig. 70 und 70 a) ein grösserer Erfolg zu erwarten, wo der Leiter L (Fig. 83) nicht um die Achse ab rotirt, sondern die zu den möglichst nahe gegenüberliegenden Polflächen parallel gestellte Fläche des geschlossenen Leiters das

Fig. 82.

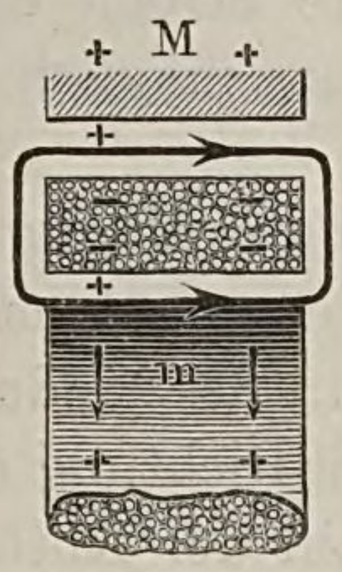
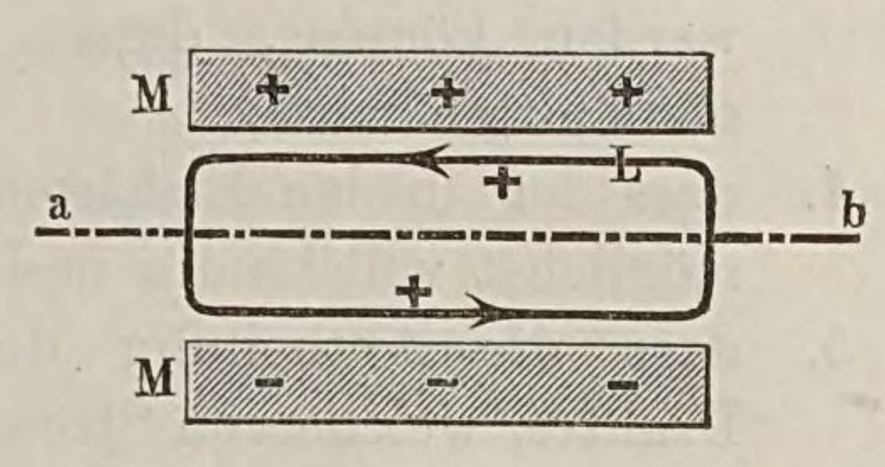


Fig. 83.



kräftigere magnetische Feld in bestimmter Richtung durchschneidet. Dass auch in dieser einseitigen Bewegung, bei genügend grossen Polflächen, die Drehung des in bestimmter Richtung vom Strom durchflossenen Leiters erfolgt, wird sofort klar, wenn wir uns denselben wieder als Magnet denken.

Zu den besonders störenden Erscheinungen im Betriebe dynamo-elektrischer Maschinen gehört auch die Verschiebung der Indifferenzpunkte im rotirenden Inductor, welche bei Veränderung der Rotationsgeschwindigkeit eine Correctur in der Lage der schleifenden Bürsten fordert. Der an sich schon störende schleifende Contact wird damit noch unbequemer. Diese Verschiebung kann bedingt werden dadurch, dass das Polarstellen der Eisenmolecüle resp. das Verschwinden des Magnetismus eine gewisse Zeit erfordert, welche in der schnellen Bewegung des Inductors überschritten wird, oder dass aus der Rückwirkung der inducirten Ströme der Magnetismus nicht gleichmässig verändert wird, oder endlich, dass beide Erscheinungen zusammenfallen. Die Abstellung ist auch hier durch Einschränkung nachtheiliger secundärer Vorgänge und durch die Wahl eines geeigneten Eisenmaterials in geeigneter Form zu erstreben.

Alle secundären Vorgänge sind mit Kraft- resp. Arbeitsverlust verbunden, und durch Strömungen in zusammenhängenden

Eisenmassen wird nur Wärme entwickelt und die Bewegung ganz nutzlos gehemmt.

Siemens giebt für die weitere Ausbildung der Lichtmaschinen folgende Regeln [1]):

1. dass alle Leitungsdrähte, welche nicht elektromotorisch wirken, möglichst beseitigt oder vermindert werden;
2. dass die Leitungsfähigkeit sämmtlicher Drähte möglichst gross gewählt wird;
3. dass durch die Anordnung der Metallmassen, in welchen durch bewegte Stromleiter oder Magnete Ströme erzeugt werden können, diesen die Strombahn möglichst abgeschnitten wird;
4. dass der in den Elektromagneten erzeugte Magnetismus möglichst vollständig und direct zur Wirkung kommt;
5. dass die Abtheilung der Windungen des inducirten Drahtes, welche von Strömen wechselnder Richtung durchströmt werden, möglichst klein, die Zahl der Abtheilungen mithin möglichst gross gemacht wird, damit der beim Stromwechsel eintretende Extrastrom (S. 191) möglichst geschwächt wird.

Aus den Bestrebungen zur Aufstellung einer einfachen Theorie für die wesentlichsten Vorgänge in dynamo-elektrischen Maschinen resultiren nach dem Ohm'schen Gesetze $\left(J = \frac{E}{W}\right)$ die Relationen [2])

1) $J = \frac{n M v}{W}$ [3]) für magnet-elektrische Maschinen,

worin J die Stromstärke, n die Zahl der Inductorwindungen, v die Tourenzahl, W der Gesammtwiderstand des Kreises und M der wirksame Magnetismus, dargestellt durch $\frac{E}{nv}$ oder $\frac{JW}{nv}$, als das Verhältniss der elektromotorischen Kraft E zur Tourenzahl und zwar als Summe der elektromotorischen Kräfte, welche die Magnete, sowie die Eisentheile des Inductors auf eine Windung

---

[1]) Elektrotechnische Zeitschrift 1881, III. Heft, S. 92.
[2]) Elektrotechnische Zeitschrift 1881, IV. Heft, S. 135.
[3]) $E = nMv$ (§§. 5 u. 6).

desselben bei der Tourenzahl Eins ausüben. Für dynamo-elektrische Maschinen ist aber bei der Abhängigkeit des Magnetismus vom Strome

$$2) \qquad M = f(J)$$

und demgemäss

$$3) \quad \frac{J}{n\,M} = \frac{J}{f(J)} = \frac{v}{W},$$

wonach die Stromstärke nur eine Function des Verhältnisses der Tourenzahl zum Gesammtwiderstande ist.

Die Stromstärke ist also dem Magnetismus nicht proportional.

Indem $n\,M = c\,J - \Phi(J)$ gesetzt wird, worin $\Phi(J)$ die Abweichung der Proportionalität des Magnetismus von der Stromstärke, ergiebt sich aus Gleichung 1

$$4) \quad \frac{v}{W} = \frac{1}{c - \frac{\Phi(J)}{J}},$$

woraus folgt, dass für eine bestimmte Stromstärke die Tourenzahl um so kleiner, je geringer die Abweichung von der Proportionalität, eine dynamo-elektrische Maschine somit um so vollkommener ist, je näher der wirksame Magnetismus der Proportionalität mit der Stromstärke kommt.

Diese Proportionalität findet zu Anfang der Bewegung statt; demnächst tritt bald die Abweichung ein, welche zuletzt, aber doch verhältnissmässig früh, in ein Maximum übergeht. Der Grund des zu frühen Eintritts dieses unerwünschten Zustandes ist in den schwächenden Gegenwirkungen aus dem Inductor auf den Magnetismus der Kerne des Elektromagneten zu suchen, wie auch die Versuche bestätigt haben.

Für die Reihe I der im §. 7 mitgetheilten Versuche (S. 53) waren

	Das Verhältniss der Tourenzahl zum Gesammtwiderstande $\left(\frac{v}{W}\right)$	Der wirksame Magnetismus $\left(\frac{E}{n\,v}\right)$	bei den Stromstärken (J)
bei 100 Touren	36	0,000028	0,30
„ 200 „	70	0,000028	0,58
„ 300 „	108	0,000232	7,18
„ 400 „	145	0,000485	19,90
„ 500 „	180	0,000589	30,10
„ 600 „	217	0,000626	40,20
„ 700 „	252	0,000607	44,70
„ 800 „	289	0,000612	50,40
„ 900 „	325	0,000582	55,70

Das Maximum des wirksamen Magnetismus trat hiernach bei 600 Touren ein, von wo ab, durch die nachtheilige Gegenwirkung aus dem Inductor, sogar in der Gesammtwirkung eine Schwächung eintritt, während bis dahin die schwächende magnetische Wirkung des Stromes aus den Inductordrähten auf die magnetisirende Kraft der Elektromagnetwindungen nur darin zum Ausdruck gelangte, dass der Magnetismus der Elektromagnetkerne hinter dem Werth [1]) zurückblieb, welchen er angenommen haben würde, wenn die störende Gegenkraft nicht vorhanden gewesen wäre.

Aehnlich ist der Verlauf, wenn bei gleicher Tourenzahl die Stromstärke durch fortgesetzte Vergrösserung des Widerstandes vermindert wird. So ergeben sich für 400 Touren (S. 54)

			$\frac{v}{W}$	und	$\frac{E}{n\,v}$	bei der Stromstärke J
im Gesammtwiderstande von	0,73	$S.E$	548		0,000603	95,2
„ „ „	1,01	„	396		0,000623	71,1
„ „ „	1,37	„	292		0,000635	53,4
„ „ „	1,57	„	255		0,000626	45,9
„ „ „	2,04	„	196		0,000600	33,9
„ „ „	2,54	„	157		0,000571	25,9
„ „ „	2,83	„	141		0,000489	19,9

---

[1]) Nach stattgehabten Versuchen um $^1/_4$ beim Maximum des wirksamen Magnetismus.

wo also das Maximum des wirksamen Magnetismus bereits bei $1{,}37 - 0{,}435 = 0{,}935\ S.E$ äusserm Widerstand liegt.

§. 31.

Neueste dynamo-elektrische Maschine von Siemens.

Den für die Ausbildung der Lichtmaschinen von Siemens angegebenen Regeln entsprechend, hat derselbe bereits eine neue dynamo-elektrische Maschine construirt, bei welcher die Vereinigung der im Inductor erzeugten entgegengesetzt gerichteten Ströme zu einem continuirlichen Strome in anderer Anordnung bewirkt wird als in den bisher beschriebenen Constructionen.

Der neuen Form liegt die Wechselstrommaschine von Siemens (§. 26) zum Grunde, welche sich davon auch äusserlich sehr wenig unterscheidet. Der Hauptunterschied besteht darin, dass bei der neuen Construction die Zahl der durch je zwei gegenüberstehende Elektromagnete EE (Fig. 70 und 70 a) gebildeten magnetischen Felder nicht der Zahl der Inductorrollen i entspricht. Siemens erklärt die Einrichtung [1]) an einer Maschine, welche 10 magnetische Felder und 8 Inductorrollen führt, bemerkt aber dazu, dass diese Zahlen verändert werden können.

In solcher Anordnung (Fig. 84 a. f. S.) ist der Abstand der gleichmässig im Kreise gruppirten magnetischen Felder m und Inductorrollen i [2]) verschieden. Von letzteren kommen bei der Rotation des Inductors immer nur zwei einander gegenüberliegende gleichzeitig mit den entgegengesetzten magnetischen Feldern m zur vollen Deckung; in unserm Bilde i_1 und i_5 mit m_1 und m_6. Die Maxima der Stromimpulse treten also nicht wie bei der Wechselstrommaschine gleichzeitig in sämmtlichen Inductorrollen auf, sondern in den auf einander folgenden Windungsgruppen $i_1\ i_2\ i_3$ etc. zu verschiedenen Zeiten.

---

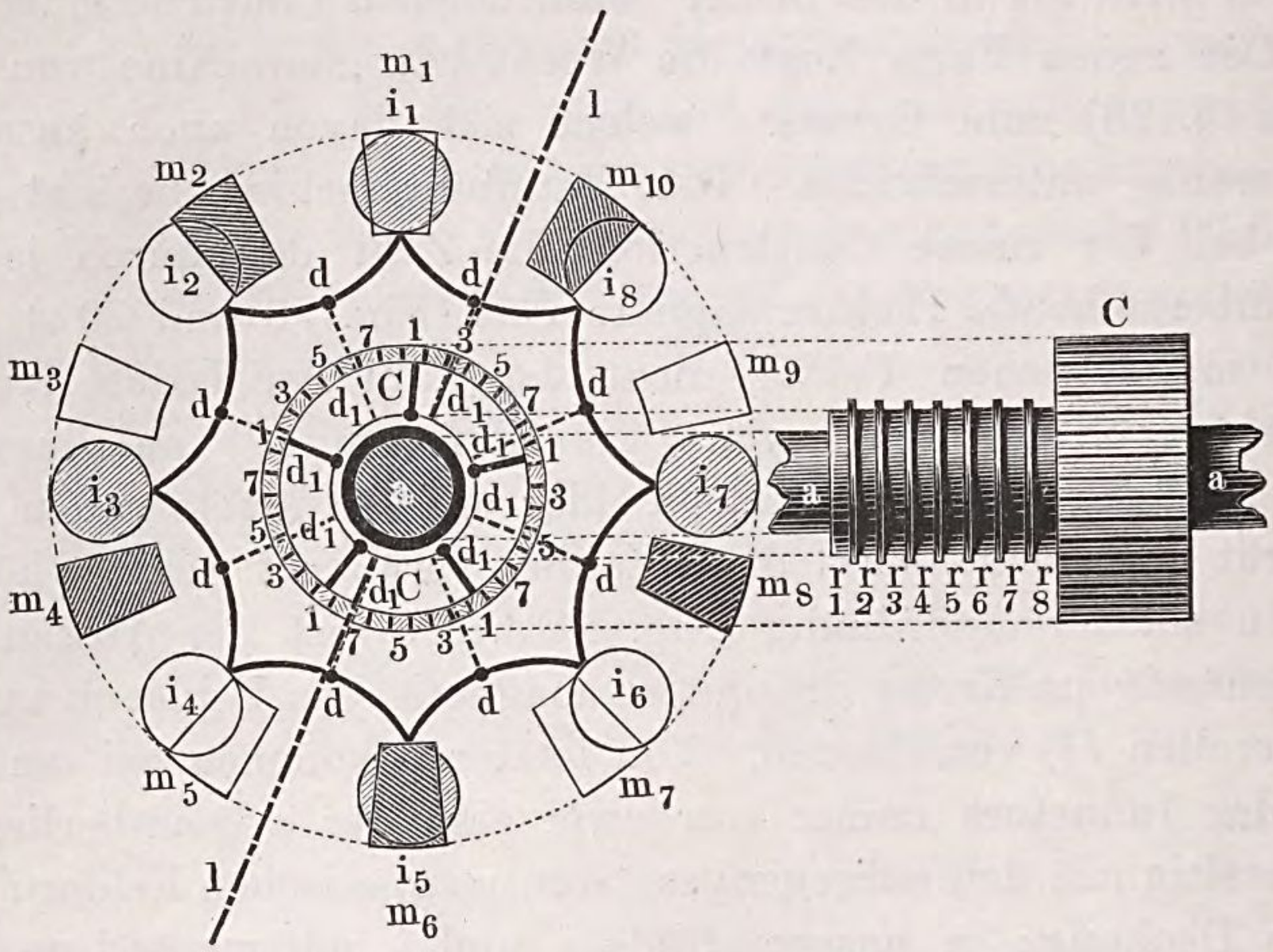
[1]) Elektrotechnische Zeitschrift 1881, Heft V, S. 163 ff.

[2]) Die eckigen magnetischen Pole m sind, ihrer Polarität entsprechend, weiss und schraffirt dargestellt; und der bessern Verfolgung des Vorgangs wegen auch die Inductorrollen i, welche durch Kreise markirt sind. In Wirklichkeit haben Felder resp. Magnetpole und Rollen die Form Fig. 70 a.

Diese Stromimpulse zu einem continuirlich verlaufenden Strome derartig zu vereinigen, dass niemals eine Gegenwirkung oder gegenseitige Schwächung stattfindet, ist Aufgabe der Rollen- und Commutatorverbindung.

Zu diesem Zwecke sind die Enden der Inductorrollen derart fortlaufend unter einander zu einem geschlossenen Kreise verbunden, dass ein continuirlicher Strom in demselben jede Rolle in regelmässiger Folge entgegengesetzt durchlaufen würde. Da nun die in den Rollen entstehenden Inductionsströme, der Polarität auf einander folgender magnetischen Felder entsprechend, entgegengesetzt gerichtet sind, so werden sich die Stromimpulse

Fig. 84.



zweier benachbarten Rollen stets summiren, deren Verbindungsdraht nach dem Commutator führt. Dieser besteht aus dem mit der Achse der Maschine verbundenen Commutatorcylinder *C* in bekannter Einrichtung (Fig. 62 d), auf welchem die bekannten Metallbürsten schleifen, und aus den bei der Wechselstrommaschine (§. 26) betrachteten, ebenfalls mit der Inductorachse fest verbundenen, von derselben und unter einander isolirten Contactringen.

In unserer Fig. 84 ist *a* die Inductorachse, *C* der Commutatorcylinder, der hier 40 isolirte Metallschienen enthält, auf

denen die Bürsten schleifen, und r sind die Contactringe, deren Zahl 8 beträgt.

Aus den 40 Metallschienen sind 8 Gruppen à 5 gebildet in der durch Zahlen markirten Lage [1]), und die fünf Schienen derselben Gruppe schliessen in sternförmiger Führung leitend an den zur Gruppe gehörenden Commutatorring, wie für Gruppe 1 durch Verbindungslinien angedeutet, während je zwei Inductorrollen aus der Mitte ihres Verbindungsdrahts d mit je einem Contactring der zugehörenden Gruppe in entsprechender Drahtführung $d\,d_1$ leitend verbunden sind.

Hiernach ist der Vorgang leicht zu verfolgen.

Bei der Drehung des Inductors nach rechts findet sich bei jeder Stellung desselben eine durch den Mittelpunkt gehende Linie $l\,l$, welche das System so halbirt, dass in der einen Hälfte nur gleichfarbige Rollen auf gleichfarbige magnetische Felder (i_8/m_9, i_7/m_8, i_6/m_7, i_5/m_6), in der andern nur ungleichfarbige Rollen und Felder auf einander (i_4/m_4, i_3/m_3, i_2/m_2, i_1/m_1) gerichtet sind. In beiden Hälften circuliren demgemäss entgegengesetzt gerichtete Ströme, welche durch die schleifenden Bürsten in bekannter Weise zum continuirlichen Strom vereinigt werden. In unserm Falle greifen diese Bürsten selbstverständlich auf den von der Linie $l\,l$ getroffenen, diametral gegenüberstehenden Schienen der Gruppe 3 und 7 des Commutatorcylinders C an. Für jede andere Lage des Inductors findet man, dass die betreffende Halbirungslinie ($l\,l$) durch diejenigen beiden gegenüberliegenden Schienen des Commutatorcylinders geht, welche momentan mit den Bürsten in Berührung stehen. Die in den Inductorrollen inducirten Ströme fliessen somit über die Verbindungsdrähte d durch den radialen Drahtanschluss $d\,d_1$ nach den betreffenden Contactringen r_1 bis r_8 ab, und gelangen von hier über die Gruppenverbindungen nach den zur Gruppe gehörenden fünf Metallschienen des Commutatorcylinders C, um im Moment des Durchgangs derselben unter den schleifenden Bürsten, als gerichtete

---

[1]) Die fünf Schienen derselben Gruppe sind mit gleichen Zahlen bezeichnet, wobei die geraden Zahlen des beschränkten Raumes wegen ausgefallen sind. Die fünf mit „Eins“ bezeichneten Schienen bilden sonach die 1., mit „Drei“ die 3., mit „Fünf“ die 5. Gruppe etc. und die dazwischen liegenden Schienen resp. die 2. und 4. Gruppe etc.

Ströme, entweder direct in den äussern Leitungskreis einzutreten oder zunächst die Windungen der Elektromagnete zu durchfliessen, falls die Anregung derselben nach dynamo-elektrischem Princip, wie bei der ältern dynamo-elektrischen Maschine (Fig. 13), erfolgen soll.

Siemens giebt übrigens der Erregung der Elektromagnete durch eine dynamo-elektrische Hülfsmaschine, wie beim Wechselstrombetriebe (Fig. 70c), den Vorzug vor der Selbsterregung, um das System gegen Widerstandsschwankungen im Stromkreise weniger empfindlich zu machen resp. ein ruhigeres Licht daraus zu erzielen. Er bemerkt bei dieser Gelegenheit, dass beim Betriebe mit gewöhnlichen dynamo-elektrischen Maschinen Unaufmerksamkeiten in der Bedienung der Lampen unter Umständen solche Stromverstärkungen zur Folge haben können, dass die Maschine überhitzt und beschädigt wird.

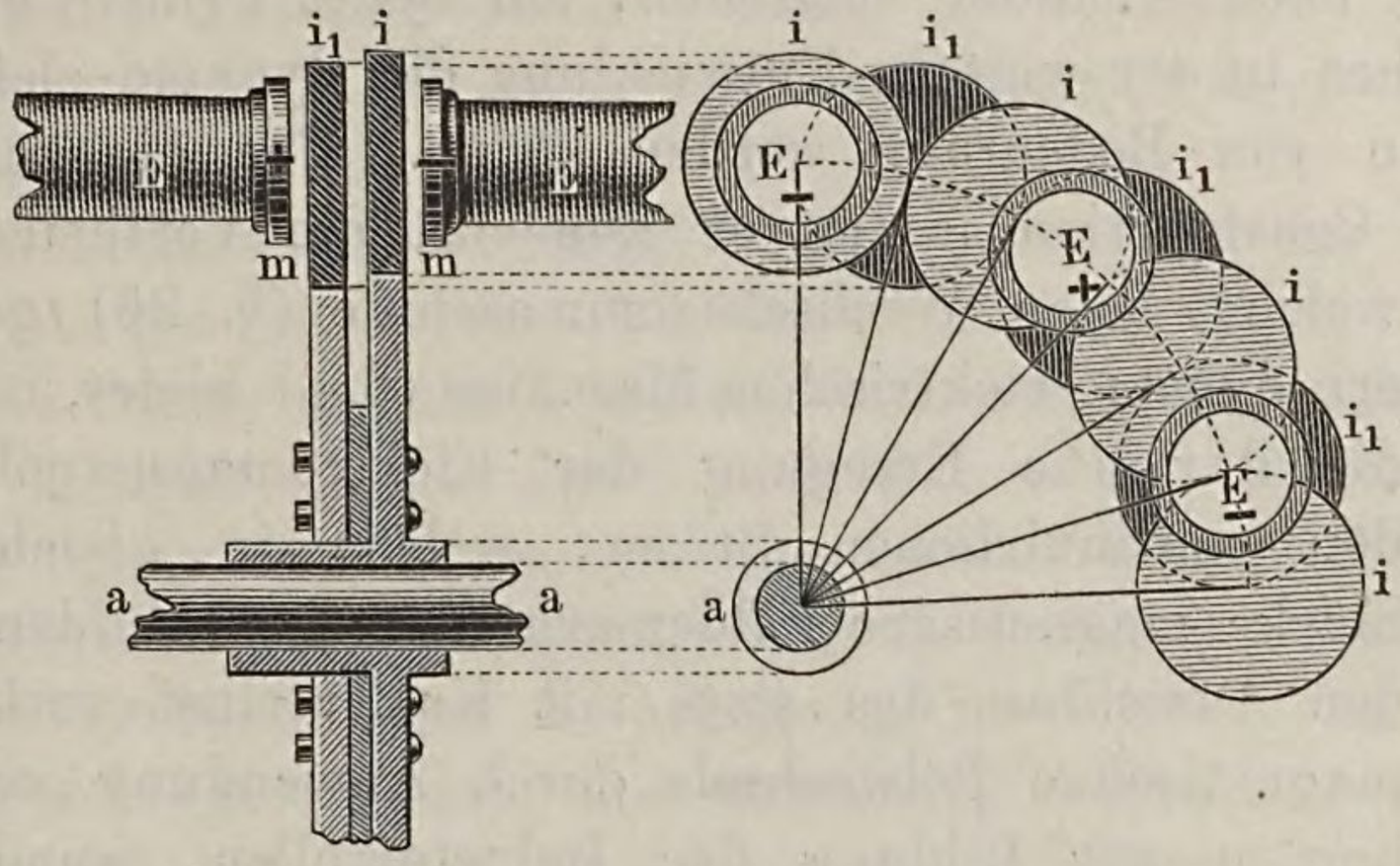
Wie bei den älteren dynamo-elektrischen Maschinen entsteht auch in der neuen Construction der elektrische Strom in zwei Hälften resp. in parallel geschalteten Zweigen (Fig. 62d); während aber bei letzteren die beiden Stromzweige in ihrer absoluten Lage fest stehen bleiben, rotiren sie bei der neuen Maschine, und zwar in entgegengesetzter Richtung, dabei sehr viel schneller, als die Inductorachse selbst; und dennoch verbleiben die Enden der beiden Zweige stets mit den Commutatorbürsten in entsprechender Verbindung.

Wir haben bereits bemerkt, dass die Zahl der magnetischen Felder und Inductorrollen verändert werden kann. In der von Siemens ausgeführten Maschine sind die Inductorrollen sogar dadurch verdoppelt, dass dieselben, indem sie sich gegenseitig zur Hälfte überdecken, in zwei Kreisen parallel gestellt sind, wie durch Fig. 84a veranschaulicht. EE sind die feststehenden Elektromagnete (10 im ganzen Kreise gleichmässig vertheilt) mit ihren Polplatten mm, zwischen denen sich, in der Gegenüberstellung, durch den die Elektromagnetwindungen durchfliessenden Strom die magnetischen Felder bilden. Innerhalb derselben rotiren die mit der gemeinschaftlichen Achse a fest verbundenen Inductorrollen ii_1 ($2 \times 8 = 16$ im ganzen Kreise gleichmässig vertheilt).

Die Stromimpulse, welche in den Inductorrollen der Fig. 84 wechselnd auf einander folgen, treffen bei diesem Arrangement je

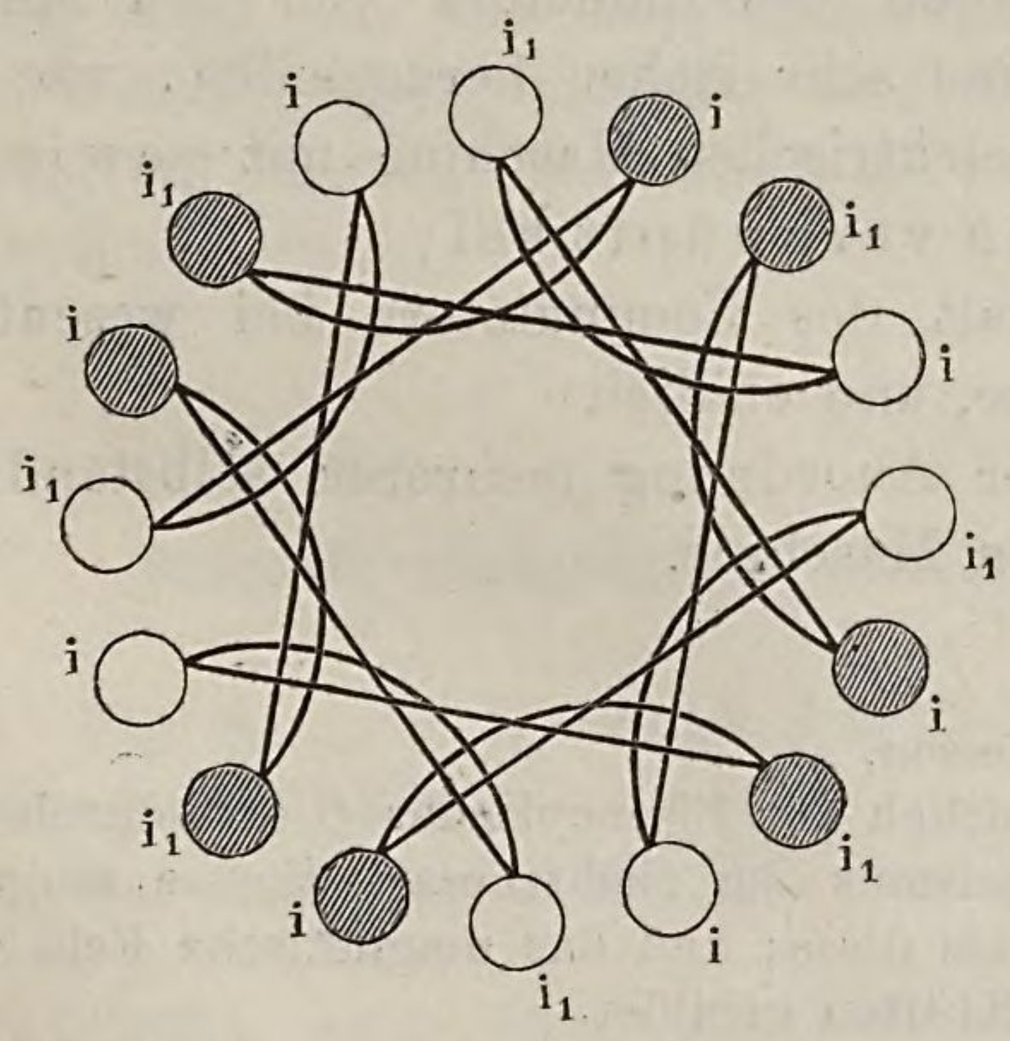
eine Rolle beider Kreise (*i* und i_1); es erfolgt deshalb in Stelle der einfachern Verbindung *d d d* der Fig. 84 die Vereinigung zu einem geschlossenen Stromkreise in der Fig. 84 b skizzirten Anordnung, wobei der Commutatorcylinder 80 Schienen in 5 Gruppen à 16 erhält.

Fig. 84 a.



Eine derartige Verdopplung der Inductorrollen soll nach Siemens besondern Vortheil darin bieten, dass wegen ihrer constanten Rückwirkung auf die Elektromagnetpole die Wirkung der Maschine besser und ihr Gang ruhiger wird, sowie dass die Funken am mehrtheiligen Commutator geringer werden. Im Uebrigen ist uns aber bekannt, dass die Stärke des magnetischen Feldes wesentlich abhängig ist von der Entfernung unter den gegenübergestellten Polplatten der Elektromagnete.

Fig. 84 b.



Diese neue Maschine ist für den Betrieb von Theilungslichtern zu vier von einander getrennten Kreisen bewickelt und soll darin je ein Licht von

700 Normalkerzen [1]) Leuchtkraft liefern bei einem Aufwande von sieben Pferdekräften. Siemens glaubt aber die Leistung steigern zu können, wozu es bei den abweichenden Erscheinungen neuer Erfahrungen bedürfe, um die besten Abmessungen zu finden. Er spricht im Weitern seine Ansicht dahin aus, dass mit der Vereinigung von Stromimpulsen, welche an verschiedenen Polen der Maschine nach einander entstehen, ein neues Princip geschaffen sei, welches in der weitern Entwicklung der dynamo-elektrischen Maschinen von Bedeutung werden könne. Für die zuletzt betrachtete Construction nimmt er zunächst die Vortheile in Anspruch, welche seine Wechselstrommaschine (§. 26) gegenüber seiner ältern dynamo-elektrischen Maschine (§. 4) bietet, und zwar:

1. die directe Erregung der Elektromagnetpole durch den continuirlichen Strom, welche in gleichmässiger Stärke magnetische Felder erhöhter Kraft bilden [2]);
2. den Ausschluss des stets mit Kraftverlust verbundenen magnetischen Polwechsels durch Anwendung von Holzkernen zur Bildung der Inductorrollen, womit neben besserer Ventilation, als bei der ältern dynamo-elektrischen Maschine, die Erwärmung wesentlich vermindert [3]) wird;
3. die einfache Wicklungsart und die Möglichkeit, die Isolation der Windungen des Inductors von den Metalltheilen der Maschine sehr sicher herzustellen, was bei der alten dynamo-elektrischen Maschine mit gewissen Schwierigkeiten verknüpft sei;
4. die einfache Gestalt des Commutators bei wesentlich günstigerer Aufgabe, und endlich
5. die Möglichkeit der Anordnung mehrerer selbständiger Kreise aus derselben Maschine.

---

[1]) In der Horizontale gemessen.

[2]) In Fig. 11 a wird bekanntlich der Eisencylinder *C* erst durch vertheilende Wirkung des Magnetismus der Elektromagnetkerne magnetisirt, also in geringerer Stärke als diese; und das magnetische Feld wird von ungleichen magnetischen Kräften gebildet.

[3]) Siemens bemerkt dazu, dass unter der grossen Zahl in den praktischen Betrieb eingestellter Wechselstrommaschinen noch kein Isolationsfehler in den Inductorrollen, geschweige denn eine Ueberhitzung der Drahtumspinnung vorgekommen sei.

Die Nachtheile der Wechselstrommaschine haben wir bereits früher betrachtet. Der Fabrikant schweigt darüber in der Regel so lange, bis es sich darum handelt, die Vortheile neuerer Constructionen herauszuheben. Die neue dynamo-elektrische Maschine von Siemens ist aber als eine Modification seiner Wechselstrommaschine zu betrachten, vorzugsweise gestützt auf die Ueberlegenheit des continuirlichen Stromes bei der elektrischen Beleuchtung und auf erweiterte Anwendungen desselben.

Theoretische Betrachtungen allein, selbst in der versuchten Verallgemeinerung, werden bei der dermaligen Lage der Verhältnisse die Constructionen höchster Vollkommenheit nicht zum Abschluss bringen; so erwartet auch Siemens die weitere Ausbildung seiner neuen Maschine von der Erfahrung, und so ist es nicht möglich, ohne geeignete Versuche [1]) den praktischen Werth etwaiger Veränderungen zu erkennen; auch ist es bei der Sachlage nicht ausgeschlossen, dass unwesentlich scheinende, selbst nur Dimensionen betreffende Modificationen von den günstigsten Erfolgen begleitet sein können. Wenn aber nach Entdeckung des dynamo-elektrischen Princips, welchem wir den eigentlichen Eintritt der elektrischen Beleuchtung in die Oeffentlichkeit verdanken, und zwar aus neuester Zeit, die magnet-elektrische Wirkung auch für die Lichtmaschine wieder gesucht wird, wie Méritens gethan, nachdem sich früher die Unzweckmässigkeit derselben ergeben, so darf man auf die gewählte Construction gespannt sein.

§. 32.

Magnet-elektrische Maschine von Méritens.

Fig. 85 (a. f. S.) zeigt deshalb diese Maschine, unter Fortlassung des Gestelles.

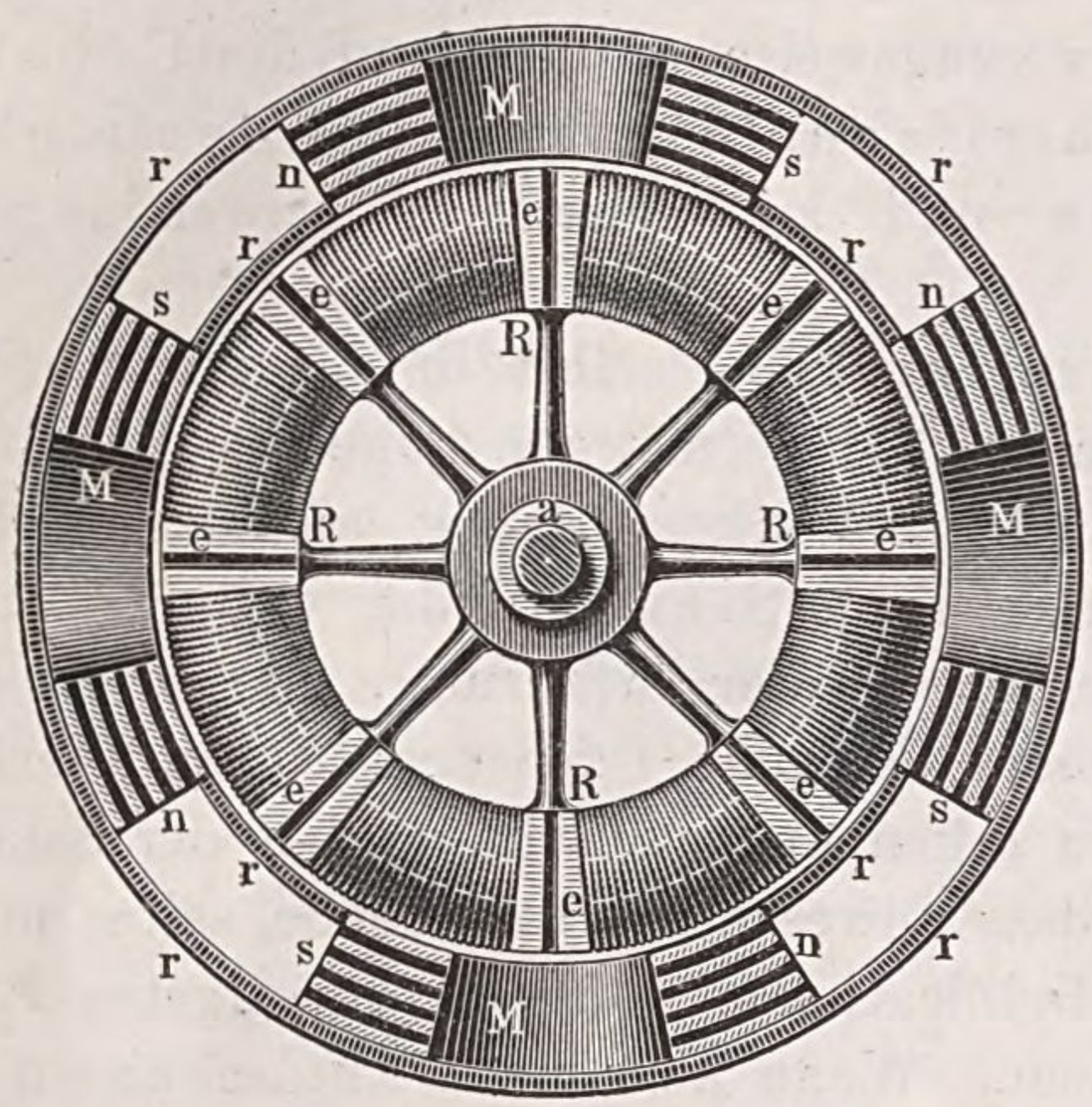
Der Radinductor R rotirt um die mit ihm fest verbundene

---

[1]) Selbst unter verschiedenen Systemen stattgehabte vergleichende Versuche, welche bestimmt waren, den Vorzug des einen oder andern Systems nachzuweisen, haben bei der Verschiedenheit der Einflüsse kein zuverlässiges Resultat ergeben, so dass wir vorziehen, die ziffermässigen Angaben darüber zu ignoriren.

Achse *a* innerhalb eines im Rahmen *r* aus nicht magnetischem Metall gelagerten Systems permanenter Magnete *M*, und zwar unmittelbar unter den wechselnd auf einander folgenden Polen *n s*.

Fig. 85.

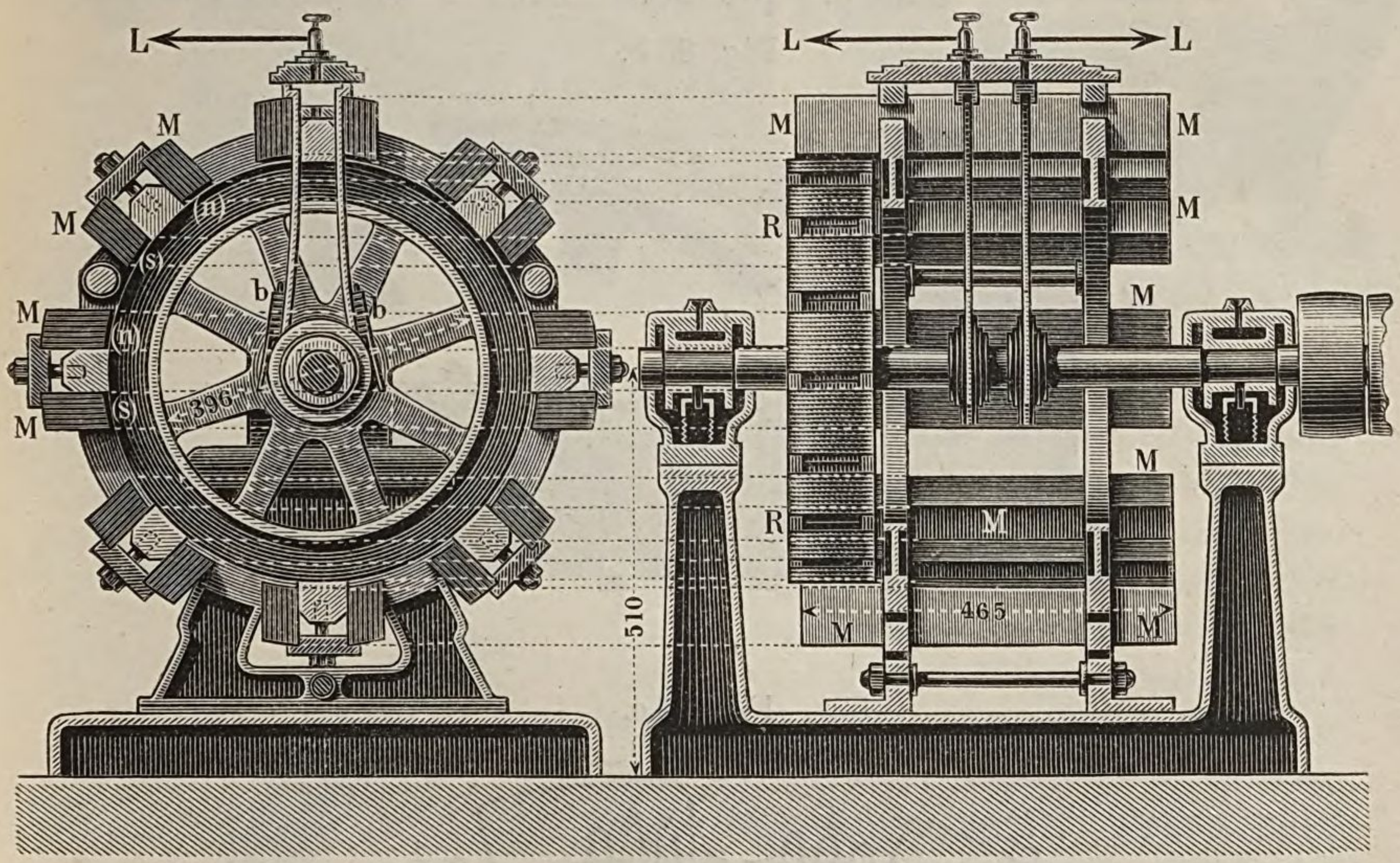


Den Kern des Inductors bildet ein Ring aus weichem Eisen, bestehend aus einer grössern Zahl 1 mm starker Platten, aus denen in regelmässigen Abständen grössere Ansätze *e* desselben Materials heraustreten, in deren Mitte senkrecht zur Ringebene Kupferplatten eingeschoben sind, welche die so gebildeten Ringabschnitte magnetisch von einander trennen. Zwischen den Ansätzen *e* sind diese Abschnitte in gleichem Sinne mit isolirtem Draht bewickelt, welcher über den ganzen Ring einen Kreis bildet, dessen Enden an zwei kupferne, isolirt auf der Achse *a* befestigte Ringe führen, auf denen zwei Federn schleifen, welche die entgegengesetzt gerichteten Ströme (Wechselströme) in den äussern Stromkreis leiten. Damit die gleichzeitig in den einzelnen Drahtgruppen entstehenden entgegengesetzt gerichteten Ströme in derselben Richtung verlaufen, ist nicht das äussere Ende einer Gruppe mit dem innern der nächsten, sondern es sind abwechselnd die inneren und äusseren Enden unter einander verbunden. Jeder Abschnitt bildet somit einen selbständigen Elektromagneten, dessen Querschnitt etwa doppelt so breit als hoch, so dass der längere Theil der Drahtwindungen den Polen der permanenten Magnete *M* zugekehrt ist. Letztere bestehen aus einer grössern Zahl dünner Platten (Jamin'sche Construction).

Die Zahl der Elektromagnete resp. Inductorgruppen entspricht der Polzahl. In Wirklichkeit führt Méritens' Maschine nicht 8, wie in unserm vereinfachten Bilde, sondern 16 Inductorwindungen, welche unter 8 Magneten, also 16 Polen, rotiren.

In neuerer Zeit hat Méritens seine Maschine in drei verschiedenen Arten hergestellt und zwar eine zum Gebrauch für die Werkstatt und für kleinere Installationen, eine für Leuchtthürme, beide zur Erzeugung von Wechselströmen, und eine dritte zur Bildung continuirlichen Stroms. Fig. 86 zeigt die Maschine der ersten Art. *M M* sind 16 gerade Magnetstäbe, jeder aus 12 Lamellen von 4,5 mm Stärke zusammengesetzt, welche paarweise durch Eiseneinlage *e* und Bolzen verbunden sind, wie aus Fig. 86 a zu erkennen [1]). Sämmtliche Magnete, im Totalgewicht von etwa 150 kg, sind in wagerechter Lage am kreisförmigen Gestell gelagert, und unter den Polen *n s* rotirt am Speichenrade der ringförmige Inductor *R*, dessen Bildung Fig. 86 b (a. S. 210)

Fig. 86.



zeigt, der sich übrigens von der älteren Form (Fig. 85) wesentlich nicht unterscheidet. Derselbe führt 16 Inductionsspiralen *i*

---

[1]) Méritens will in dieser Anordnung grössere magnetische Wirkung beobachtet haben als bei Anwendung der gewöhnlichen gebogenen Hufeisenmagnete in der ältern Construction (Fig. 85).

aus 1,9 mm starkem Kupferdraht, im Gesammtgewicht von etwa 15 kg Kupfer, deren Verbindung unter einander (Fig. 86 c) so angeordnet ist, dass die in den einzelnen Windungsgruppen, unter dem Einfluss der wechselnden Magnetpole, entstehenden entgegengesetzt gerichteten Ströme gleiche Richtung im Gesammtkreise erhalten. Der Eisenkern *e* der Wicklung besteht aus 80 Eisenplatten von 1 mm Stärke. Der Inductorring *R* ist durch eine Platte aus isolirendem Material geschlossen, welche mit einfacher Einrichtung versehen ist, um die Windungsgruppen hinter einander oder in beliebiger Combination parallel zu verbinden. Die Maschine soll für 1000 Touren

Fig. 86 a.

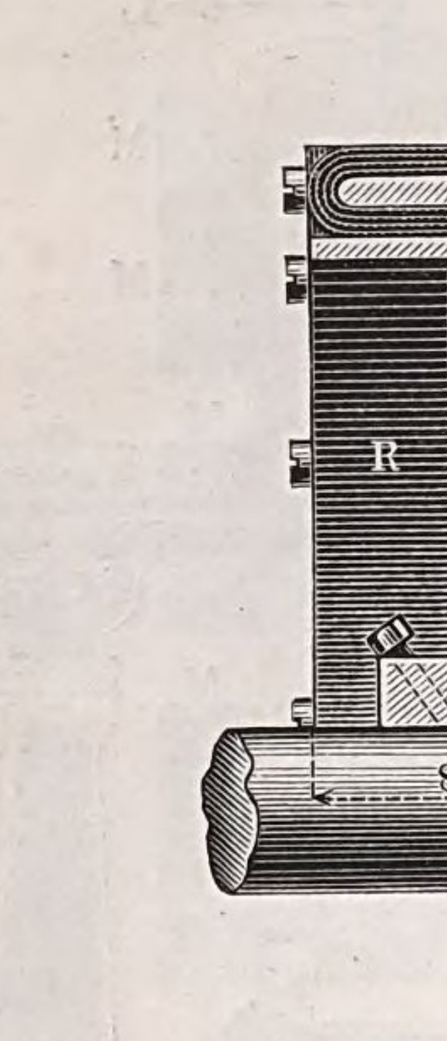


Fig. 86 b.

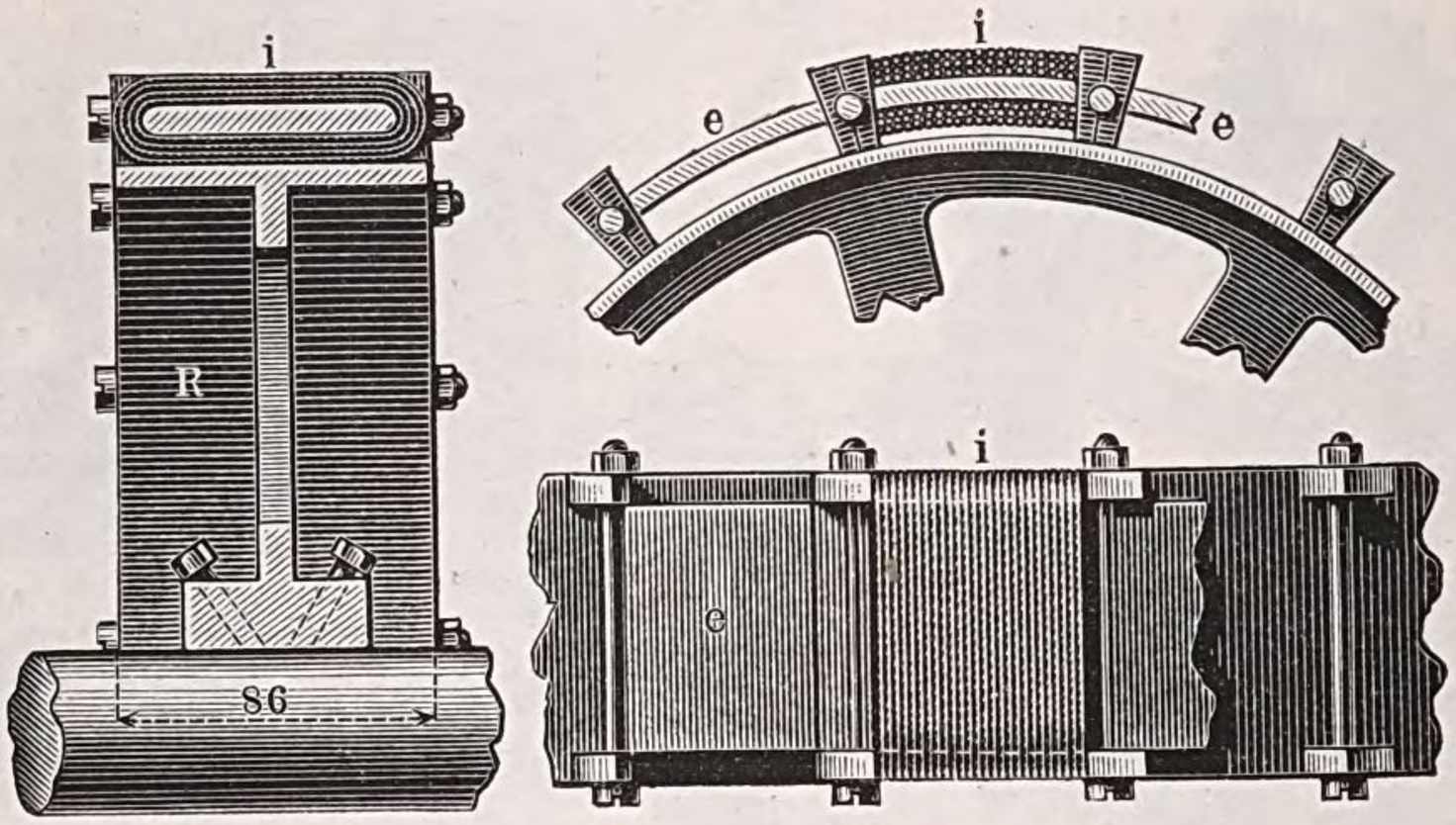
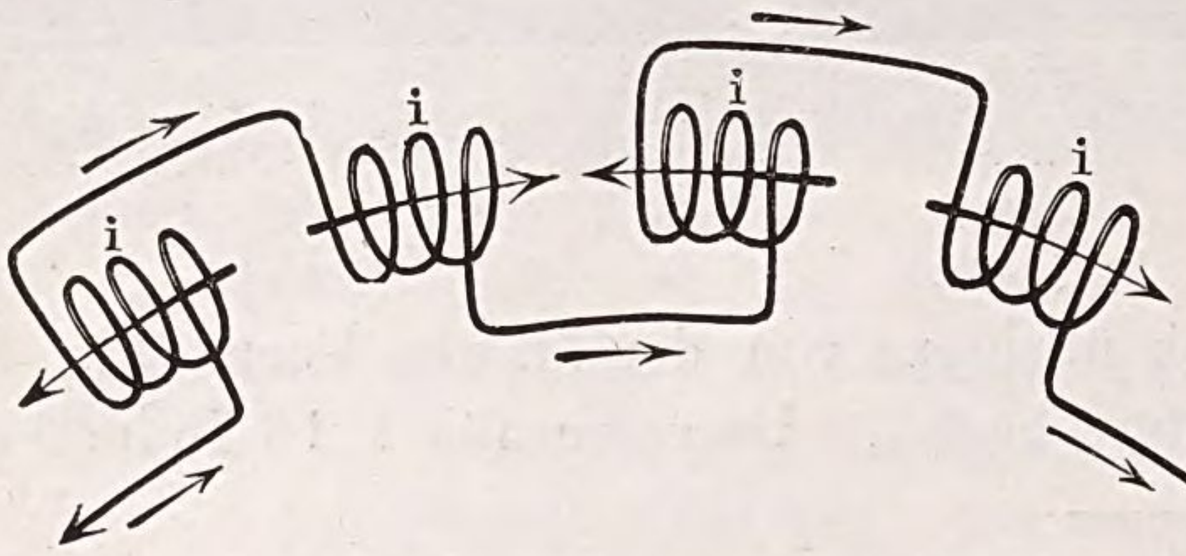


Fig. 86 c.

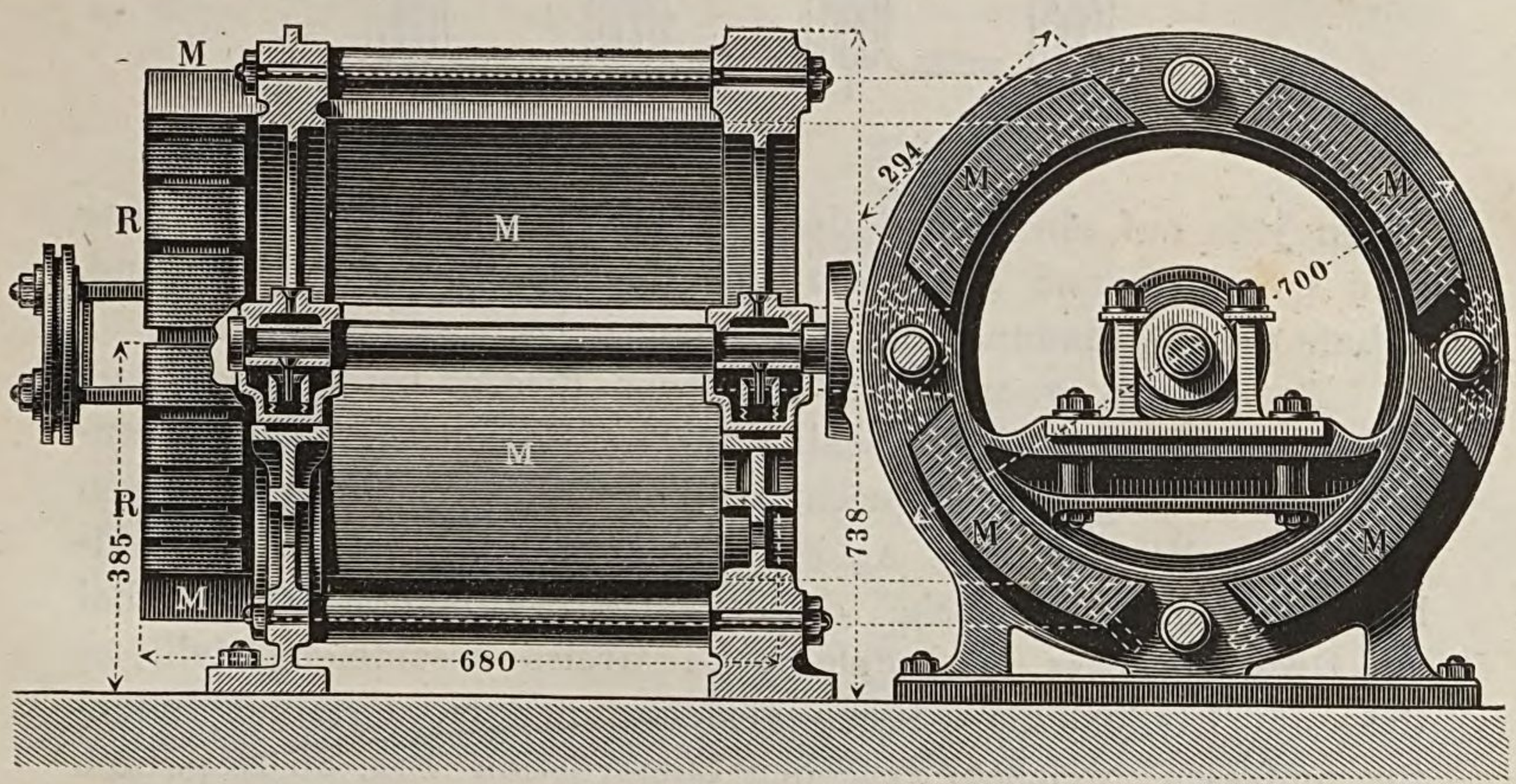


pro Minute drei Pferdekräfte erfordern und damit in der Hintereinanderschaltung der Inductionsspirale vier Jablochkoff'sche

Kerzen mit 180 Normalkerzen Lichtstärke oder ein Einzellicht von 960 Normalkerzen unterhalten.

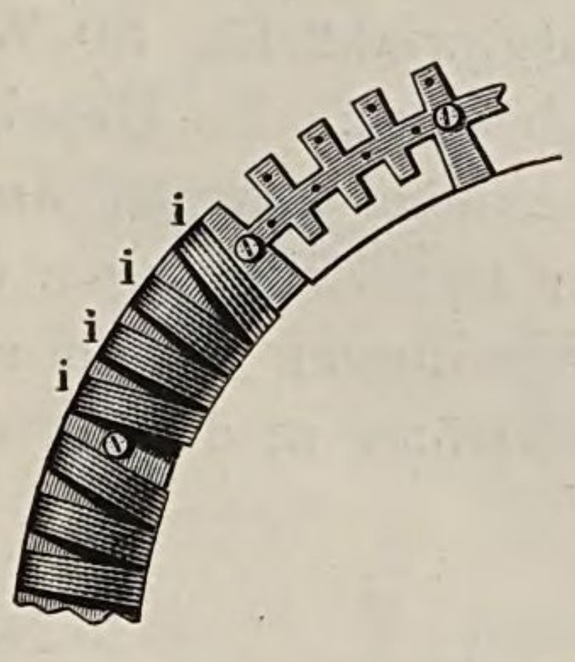
Die Maschine für continuirlichen Strom (Fig. 87) enthält nur vier Magnete *M M*, jeder gebildet aus 64 Stahllamellen, 1 mm

Fig. 87.



dick, welche durch Bolzen verbunden sind, wie die rechts stehende Figur erkennen lässt. Ihre Länge beträgt 680 mm und das Totalgewicht aller vier Magnete ist etwa 400 kg. Der Inductor *R* ist dem der Wechselstrommaschine (Fig. 86) sehr ähnlich, hat aber 64 Windungsgruppen *i*, indem 16 Abtheilungen gewissermaassen in je vier getheilt sind (Fig. 87 a). Der Kern des Inductorringes besteht auch hier aus 80 Eisenplatten von 1 mm Stärke, seine Bewickelung aus 1,9 mm starkem Kupferdraht, dessen Totalgewicht im ganzen Ringe ppr. 20 kg beträgt.

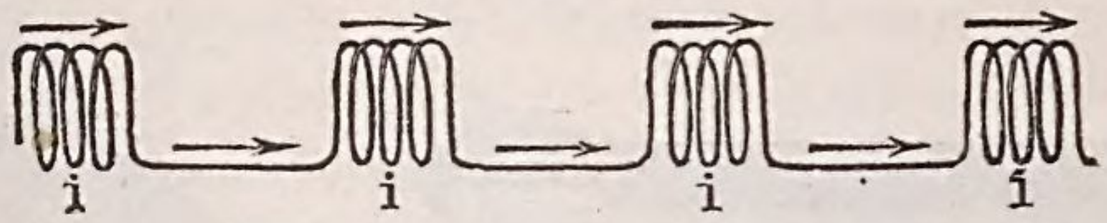
Fig. 87 a.



Die Verbindung der einzelnen Windungsgruppen (Fig. 87 b a. f. S.) entspricht der Verbindung in der Gramme'schen Maschine (Fig. 62 d), und ebenso wie bei dieser verzweigen aus jeder Vereinigung zweier benachbarten Gruppen je ein Draht zum Anschluss

an 64 Kupferschienen des cylinderförmigen Commutators. Da beide Magnetpaare auch zwei Paar magnetische Felder bilden, so schleifen auf dem Cylinderumfang auch zwei Paar Bürsten, von

Fig. 87 b.



denen jede auf ein Viertel des Umfangs angreift, je zwei aber zum positiven und negativen Pol der Maschine vereinigt sind, behufs der Verbindung mit dem äussern Leitungskreise.

Aeusserlich ganz verschieden von diesen beiden Constructionen ist Méritens's Maschine für Leuchtthürme. Das Arrangement der Magnete entspricht vollkommen dem der sogenannten Alliance-Maschine [1]). Acht kräftige Stahlmagnete à 8 Stahllamellen von 10 mm Dicke, durch Bolzen verbunden, sind radial zur Drehungsachse des Inductors im Kreise zusammengestellt, so dass die 16 Pole nach innen gerichtet den ringförmigen Inductor umfassen, welcher dem der Construction Fig. 86 resp. 86 b völlig gleicht. Solcher Systeme sind nun fünf neben einander gereiht, welche im Ganzen also 40 Magnete im Gewicht von ppr. 1000 kg enthalten, während jedes Magnetsystem einen besondern Inductor führt, deren fünf auf gemeinschaftlicher Achse rotiren. Zur Wicklung derselben wird ebenfalls Kupferdraht von 1,9 mm Stärke verwendet, dessen Gesammtgewicht für 80 Windungsgruppen aller fünf Ringe ppr. 56 kg beträgt. Im Uebrigen zeigte die Pariser Ausstellung sechs verschiedene Arten dieser Leuchtthurmmaschine. Die Verbindung der Drahtwindungen entspricht unserer Figur 86 c; sämmtliche Windungen bilden aber nur zwei Gruppen, aus welchen die Wechselströme in den äussern Leitungskreis eintreten.

---

[1]) Zur bessern Beurtheilung der Vorzüge der neueren Constructionen geben wir in Fig. 88 a. f. S. eine Hauptansicht der sogenannten Alliance-Maschine, der ersten magnet-elektrischen Maschine, welche eine erweiterte Anwendung des elektrischen Lichts erwarten liess, die auch heute noch, wenn auch seltener, auf Leuchtthürmen und in industriellen Etablissements, benutzt wird, deren ausgedehnterem Gebrauch

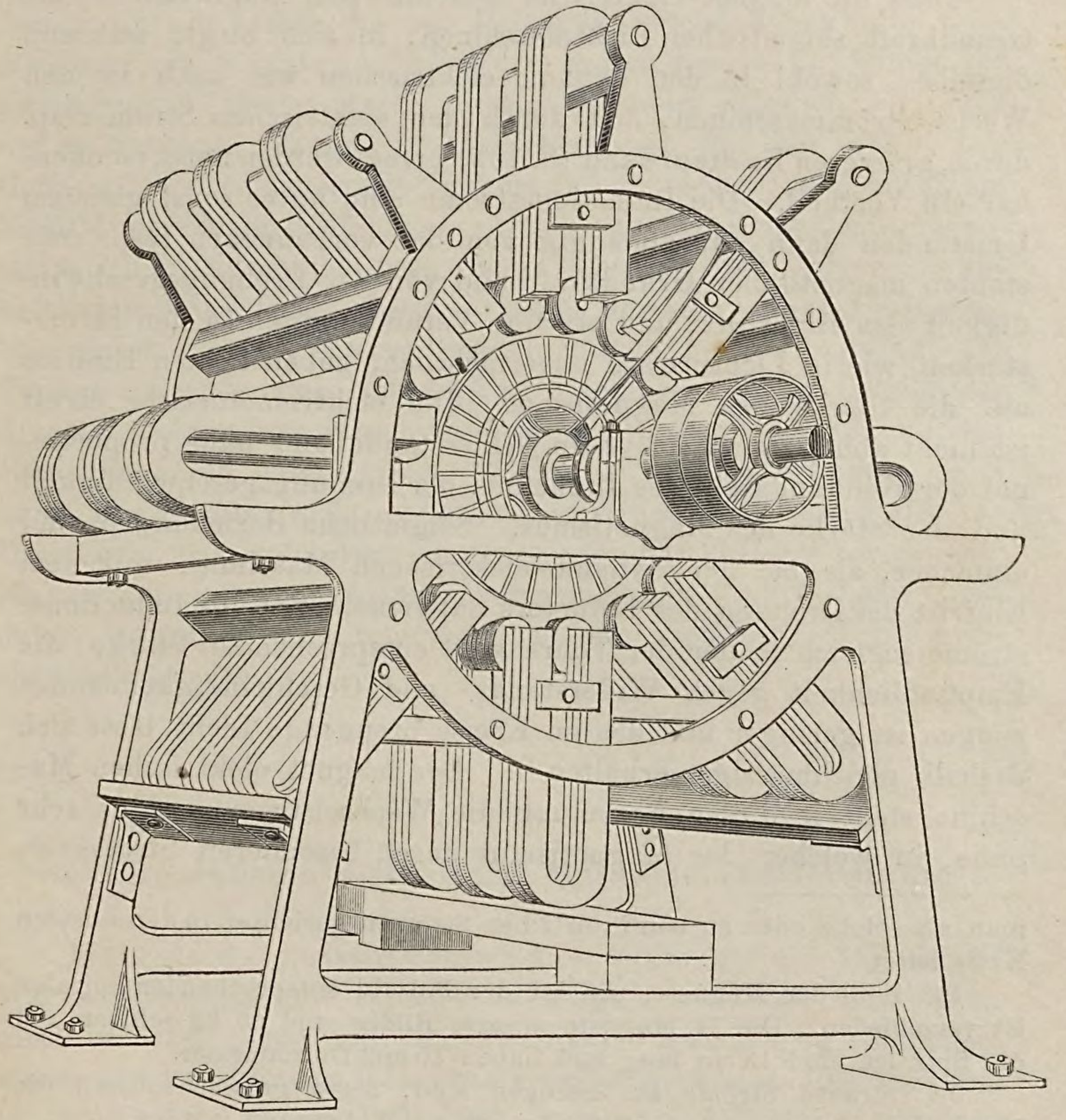
Mit dieser Maschine sollen 30 hinter einander geschaltete Jablochkoff'sche Kerzen zu unterhalten sein.

---

aber namentlich die hohen Beschaffungs- und Unterhaltungskosten entgegenstehen.

Auf der Drehungsachse befindet sich eine Reihe Messingscheiben, an deren Umfang eine grössere Zahl von Drahtspiralen mit Eisenkernen

Fig. 88



parallel der Drehungsachse befestigt sind, welche während der Rotation zwischen den Polen der mit dem Gestell fest verbundenen permanenten Hufeisenmagnete hindurchlaufen, wodurch die Eisenkerne magnetisir und in den Spiralen Wechselströme direct erzeugt werden, welche

Nach unseren bisherigen Betrachtungen über die Vorgänge in den dynamo-elektrischen und in den Wechselstrommaschinen glauben wir uns weiterer Ausführungen zur Construction Méritens' enthalten zu dürfen; denn es ist klar, dass das Bild sich im Allgemeinen nicht ändert, ob die wirksamen Magnetpole die inducirende Kraft in sich tragen oder ob dieselbe erst durch elektrische Ströme erregt wird.

Dass die magnet-elektrische Maschine den Magnetismus, die Grundkraft sämmtlicher Lichtmaschinen, in sich birgt, während dieselbe, sowohl in den dynamo-elektrischen wie auch in den Wechselstrommaschinen, erst durch den elektrischen Strom resp. durch grösseren Kraftaufwand (S. 192) erregt werden muss, ist offenbar ein Vortheil. Die Inductionsströme sind unter sonst gleichen Umständen dann nur abhängig von der vorhandenen resp. constanten magnetischen Grundkraft und von der Drehungsgeschwindigkeit des Inductors, und etwaige Veränderungen in den Stromstärken, wie in Lichtkreisen unvermeidlich, haben keinen Einfluss auf die Stärke des Magnetismus. Die elektromotorische Kraft ist nicht abhängig vom äussern Widerstande und nahe proportional der Windungszahl des Inductors, der Drehungsgeschwindigkeit und der Stärke des Magnetismus. Sämmtliche Beziehungen sind einfacher, als bei der dynamo-elektrischen Maschine; mit dem Eintritt der Drehung des Inductors entwickeln sich die Inductionsströme sogleich in der der Tourenzahl entsprechenden Stärke, die Empfindlichkeit gegen Widerstands- und Geschwindigkeitsänderungen ist geringer und das im Kreise brennende Licht lässt sich deshalb gleichmässiger erhalten [1]). Der magnet-elektrischen Maschine steht in dieser Beziehung die Wechselstrommaschine sehr nahe, in welcher der Magnetismus durch besonderen Stromkreis

---

man als solche oder zu continuirlichen Strömen gerichtet in den äussern Kreis leitet.

Die Zahl der Magnete, wie der der Polzahl entsprechenden Spiralen ist verschieden. Die 24 Magnete unseres Bildes sind 60 kg schwer und die Spiralen sind 15 cm lang und haben 10 cm Durchmesser.

Je stärkere Ströme zu erzeugen sind, desto grösser müssen die Dimensionen, desto grösser auch der innere Widerstand werden.

[1]) Ein besonderer Vortheil der Construction Méritens' für continuirlichen Strom besteht offenbar darin, dass sich die Polarität der Magnete nicht umkehren kann, was für gewisse Anwendungen nicht ohne Werth ist.

erregt wird. Die Vortheile, welche die Anwendung permanenter Magnete bietet, werden aber dadurch beschränkt, dass letztere nicht in der bedeutenden Stärke magnetisirt werden können wie die Elektromagnete, dass permanente Magnete, selbst der vorzüglichen Jamin'schen Form, mit der Zeit an Kraft verlieren, namentlich in der Gegenüberstellung gleichnamiger Pole unter unabwendbaren Erschütterungen im Betriebe, dass die Dynamomaschine gleicher Leistungsfähigkeit kleiner, billiger und einfacher ist als selbst die im Uebrigen glücklich gewählte Construction von Méritens. Bei dem vorwiegenden Bedürfniss zur Erzeugung möglichst starker Ströme ist kaum anzunehmen, dass der permanente Magnet in Lichtmaschinen für den praktischen Gebrauch wieder dauernd Aufnahme finden werde, zumal es keinem Zweifel unterliegen dürfte, dass ein grösserer Theil der den dynamo-elektrischen Maschinen resp. deren Betriebe zur Zeit noch anhaftenden Mängel sich abstellen lassen werden, worauf die Bestrebungen in höherm Maasse gerichtet sein müssen, als auf das Verlassen des dynamo-elektrischen Princips. Ist der Betrieb der dynamo-elektrischen Maschine so geregelt, dass die inducirenden Elektromagnete nahe bis zur Sättigung magnetisirt sind, dann kann man darüber nicht zweifelhaft sein, dass unter sonst gleichen Umständen das stets etwa ein Drittel minder kräftige permanente Magnetsystem geringere Inductionswirkungen ausüben muss, die davon ausgehenden Gebrauchsströme also auch wesentlich schwächer sein werden.

§. 33.

Neueste dynamo-elektrische Maschine von Gramme.

Während die neueste Construction Siemens' (§. 31) an die Wechselstrommaschine (§. 26) anknüpft, um den ergiebigern continuirlichen Strom auf verschiedene Kreise zu vertheilen, waren die Bemühungen Gramme's darauf gerichtet, eine Maschine zu construiren, welche mit den geringsten Mitteln die sichere Unterhaltung einer grössern Zahl intensiver Lichter in demselben Kreise, unter Anwendung des continuirlichen Stromes gestattet, also eine Maschine, deren Strom, ähnlich dem der

Brush-Maschine (§. 24), mächtig genug ist, bedeutendere Lichtstärken für jede Lampe zu erzielen, als durch Maschinen mit getrennten Kreisen herstellbar.

Fig. 89.

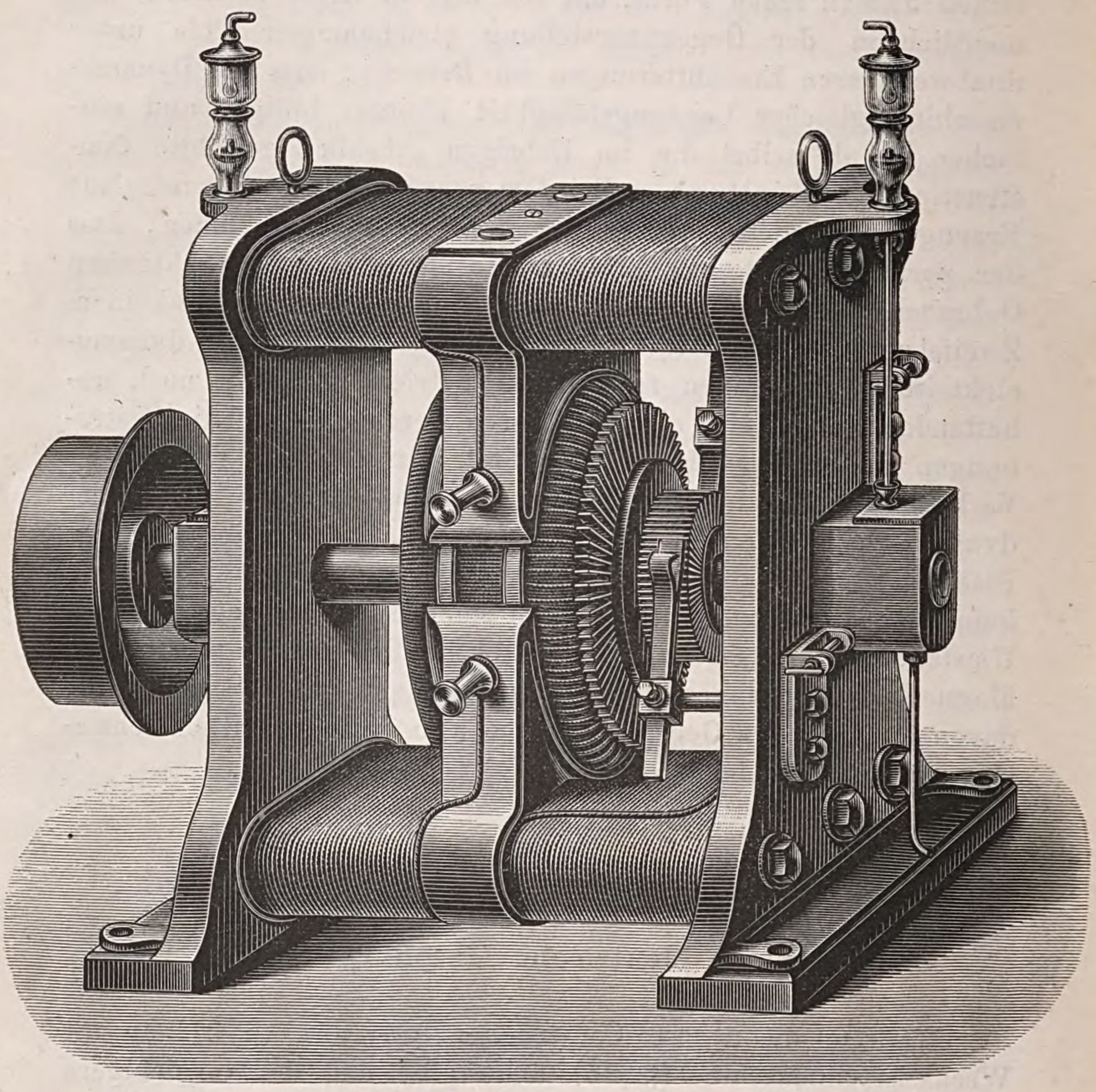


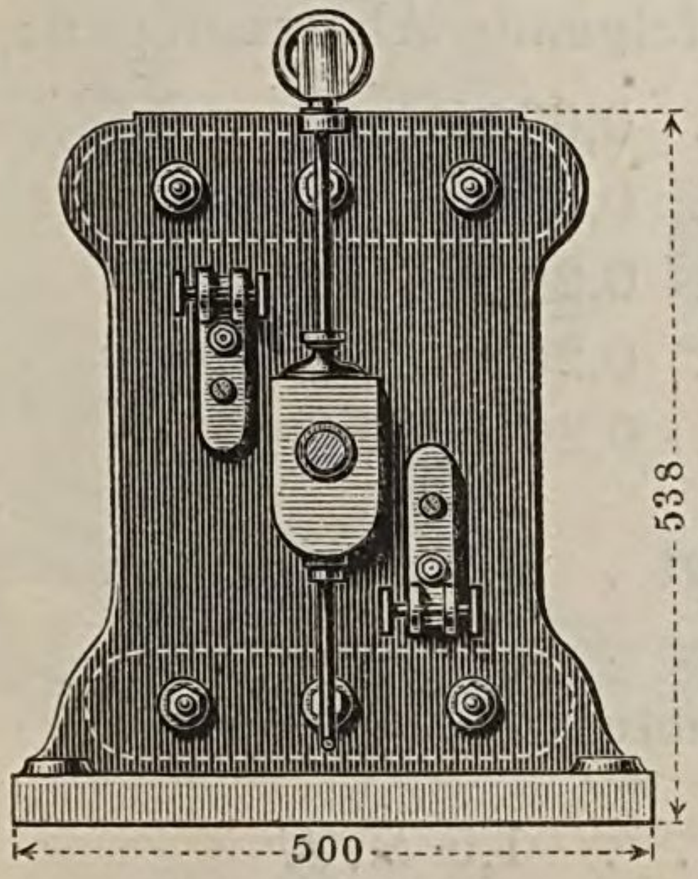
Fig. 89 zeigt diese neueste Gramme'sche Construction[1]) zur Bildung von fünf Lichtern in der Generalansicht und

[1]) Das Fachblatt „Revue industrielle" Nr. 22 pro 1881 führt genaue Detailzeichnungen mit Maassangaben.

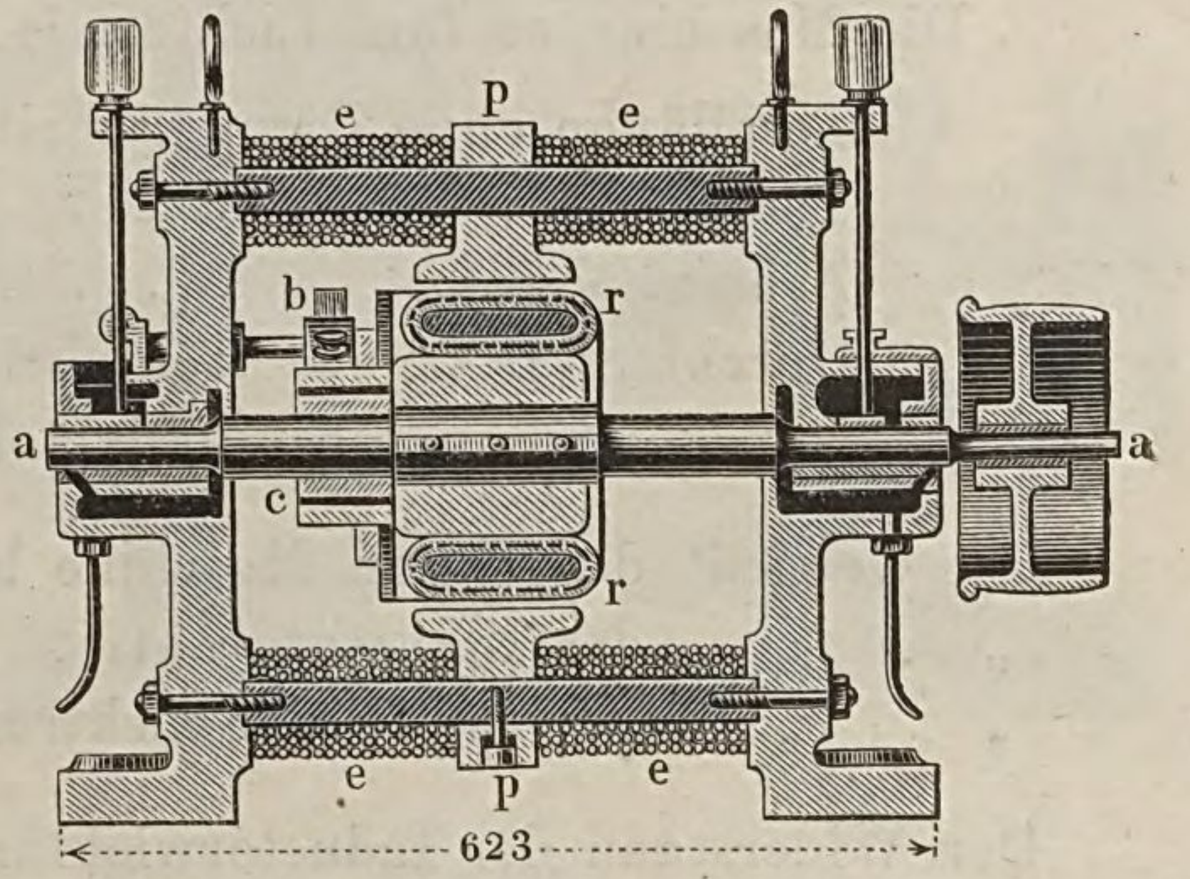
Fig. 89 a in verschiedener Darstellung. In den letzteren Figuren bezeichnen *e e* die Elektromagnete mit den Polstücken *p p*, *r* den bekannten Ringinductor auf der Drehungsachse *a*, *b* die Bürsten zum Commutator *c*. Diese Construction unterscheidet sich äusserlich wenig von der älteren Maschine (Fig. 62 f), enthält aber in

Fig. 89 a.

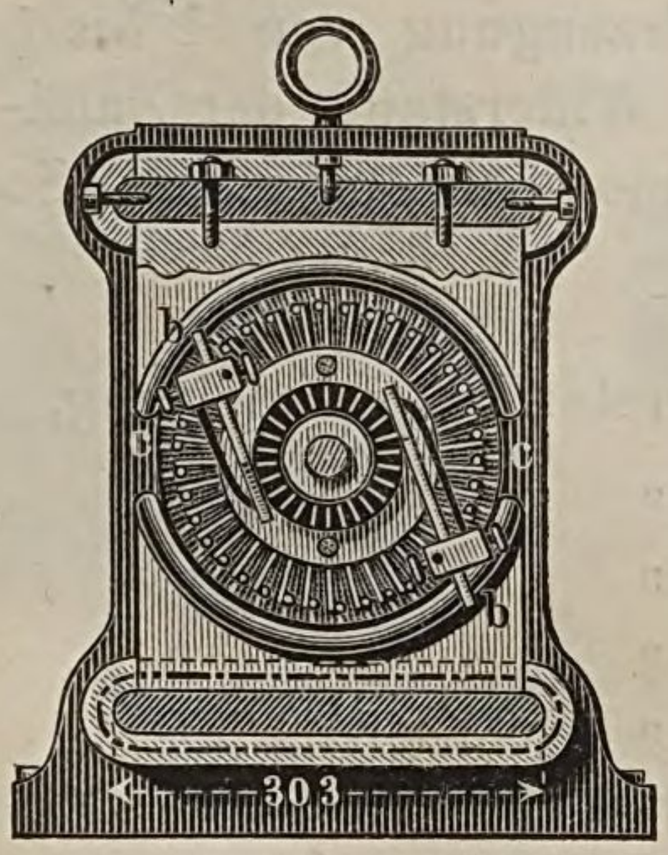
I.



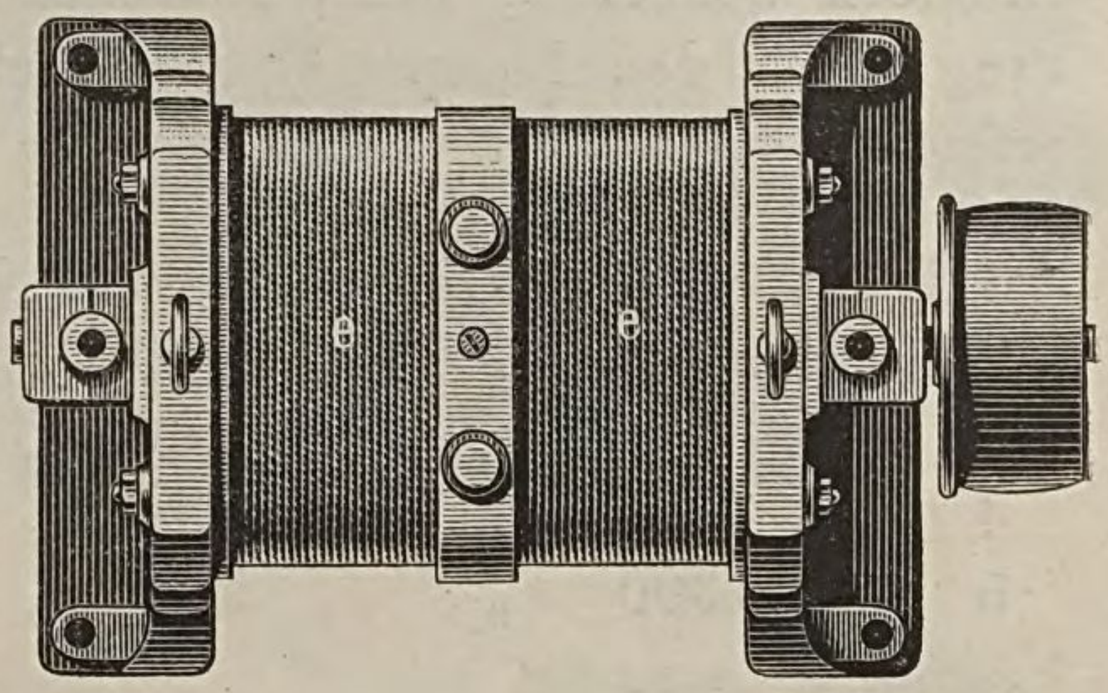
II.



III.



IV.



der platten Form der Elektromagnete und in den einzelnen Theilen neue und zweckmässige Arrangements, welche geeignet sind, die Leistung zu erhöhen. So ist die Regulirung der Bürstenstellung in Verbindung mit endlosen Schrauben vollkommener, die Befestigung des Commutators am Inductorkern und die Anordnung der Riemenscheibe, sowie die Schmiervorrichtung zweck-

mässiger. Letztere enthält in der die Achse umschliessenden Büchse feste Fette, welche unter der Erwärmung der Maschine in den flüssigen Zustand übergehen, während das Schmieröl aus den höher gestellten Behältern zufliesst. Ueberhaupt war das Bestreben darauf gerichtet, in allen Theilen die günstigsten Verhältnisse für den sichern Gang der Maschine und grosse Stabilität neben erhöhter Einfachheit zu schaffen.

Die Maschine zu fünf Lichtern [1]) hat folgende Abmessungen:

Totallänge ohne Riemenscheibe .	0,623	Meter
Totalhöhe	0,538	„
Achsenhöhe	0,280	„
Durchmesser der Riemenscheibe .	0,200	„
„ des Ringinductors .	0,260	„

Das Gewicht der ganzen Maschine beträgt .	360	Kilogramm
„ „ des Inductordrahts	10	„
„ „ „ Drahts der Elektromagnete	64	„

Der Widerstand der Inductorwicklung . .	1,5	*S. E*
„ „ „ Elektromagnetwicklung	3	„

Dieselbe Maschine lässt sich zur Erzeugung von 1 bis 5 Lichtern benutzen, wenn Tourenzahl und Widerstand der Zuleitung nach den Lampen [2]) entsprechend modificirt werden. So erfordern

1 Licht	500	Touren	bei	1,00	*S. E*	Widerstand	der Zuleitung,
2 Lichter	700	„	„	2,00	„	„	„ „
3 „	975	„	„	3,00	„	„	„ „
4 „	1125	„	„	4,10	„	„	„ „
5 „	1300	„	„	5,10	„	„	„ „

---

[1]) Aehnliche Maschinen construirt Gramme für 2 bis 20 Flammen und auf der Pariser Ausstellung befand sich auch eine 10-Lichtmaschine desselben, in welcher der Inductor festliegt, in dessen freiem Raum die Magnete rotiren.

[2]) Gramme hält dazu die Benutzung seiner Lampe (2. Abthl.) für nothwendig, bei welcher die Bewegung der Kohlen während der Regulirung der Lichtbogenlänge 0,0025 m betragen, die Flamme bei 0,0055 bis 0,0060 m Länge verlöschen soll.

Bei einer andern Construction Gramme's aus neuester Zeit ist derselbe darauf bedacht gewesen, eine Maschine zu bilden, deren Aufstellung wenig Raum fordert und deren Gewicht, bei soliden Formen, möglichst gering ist im Verhältniss zur dynamo-elektrischen Wirkung. In den Fig. 90 bis 90 c ist diese Maschine [1])

Fig. 90.

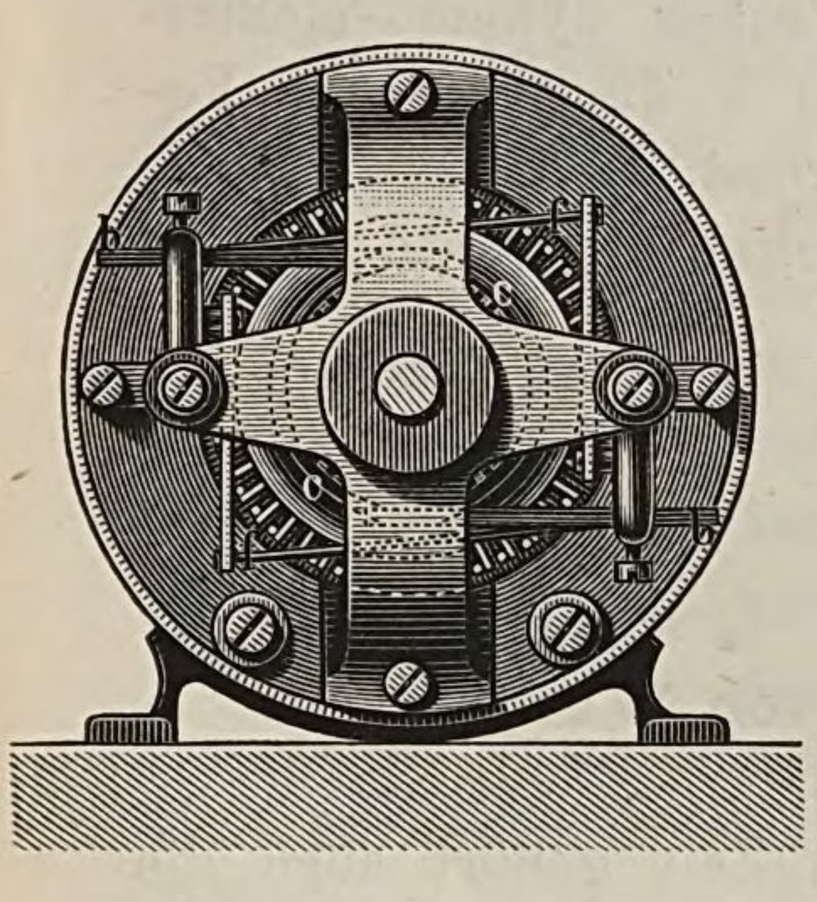


Fig. 90 a.

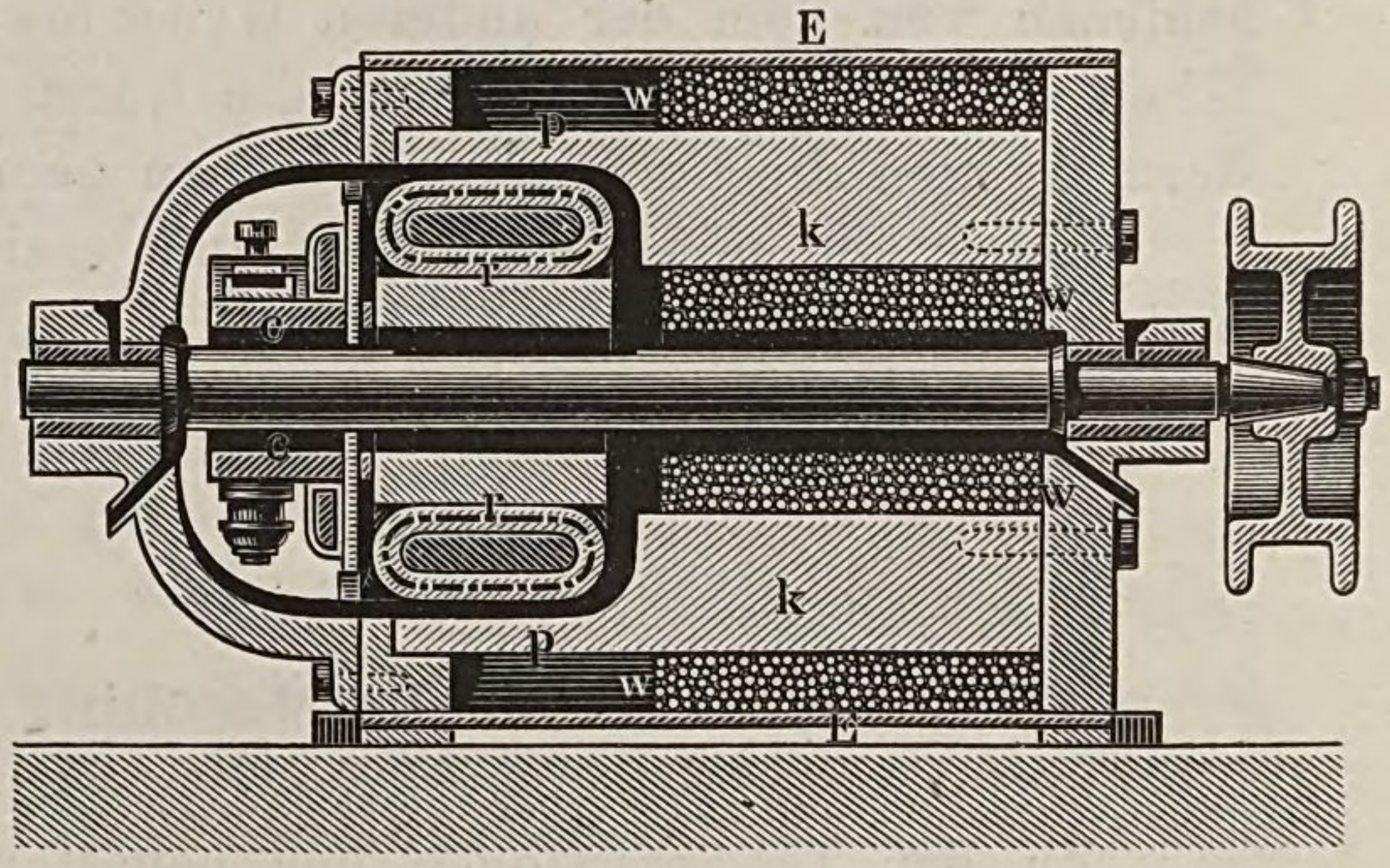


Fig. 90 b.

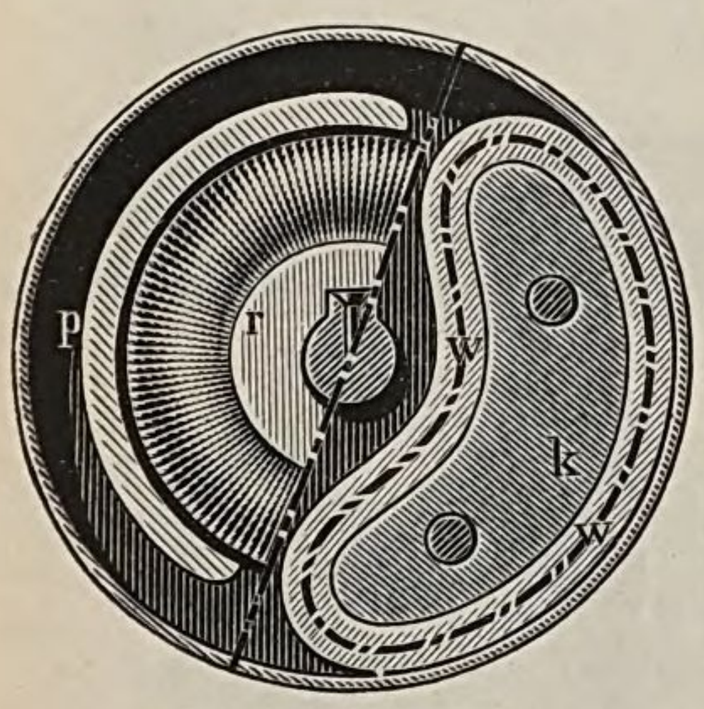
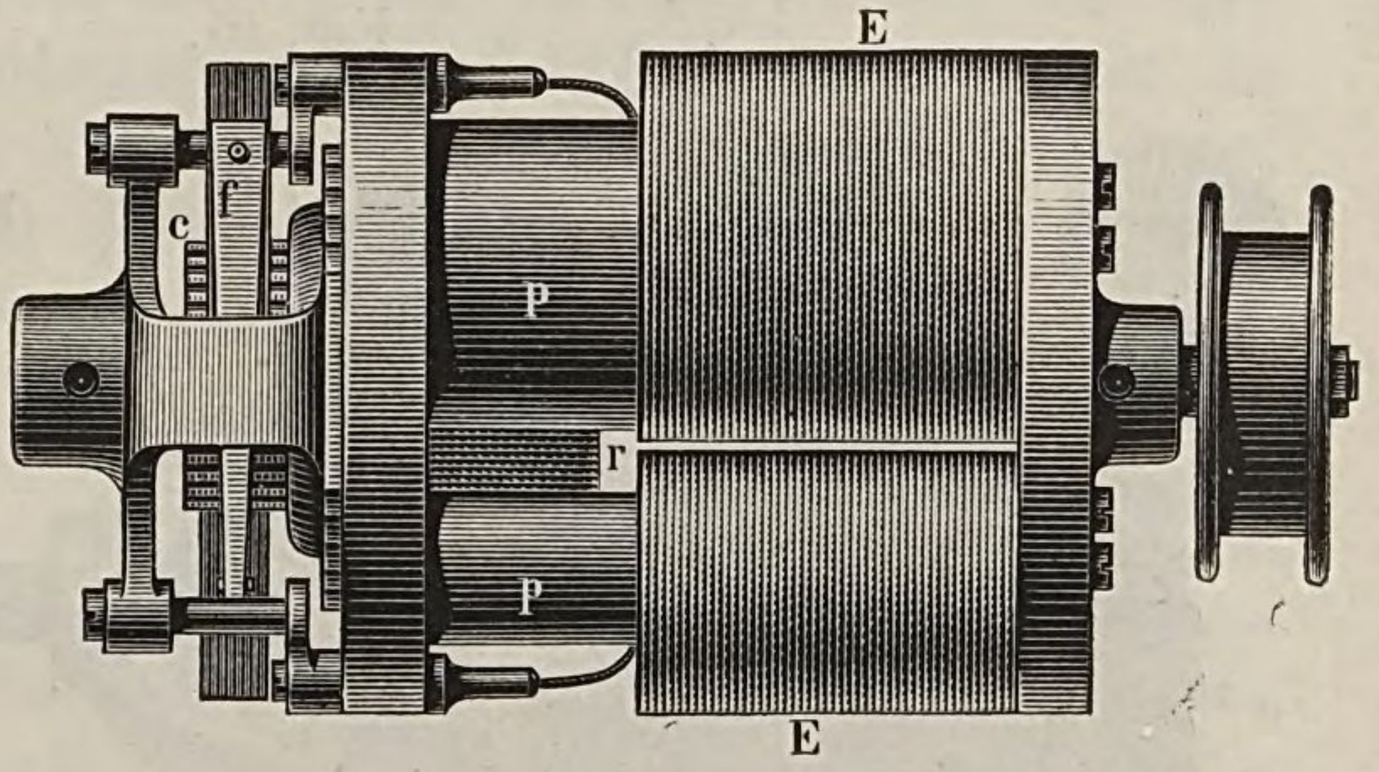


Fig. 90 c.



in verschiedenen Ansichten dargestellt. r ist der bekannte ringförmige Inductor, welcher innerhalb der ausgeschnittenen Pole p des Elektromagneten E rotirt. Die Eisenkerne k des Elektromagneten (Fig. 90 a) sind nach der Form des Inductorringes gebogen, wie aus der Fig. 90 b deutlich zu erkennen, in welcher die Drahtwicklung

---

[1]) Die Details mit genauen Abmessungen befinden sich in „Revue industrielle“ Nr. 42 pro 1881.

w des Elektromagneten durch gebogene gebrochene Linie markirt ist. Die durch den Mittelpunkt des Systems geführte gerade gebrochene Linie bezeichnet auch die Mitte für die zur Seite geneigte Stellung der Elektromagnete; diese Stellung ermöglicht die nahe horizontale Lage der Bürsten *b*, deren Anordnung Fig. 90 und 90 c zeigt. Der Commutator *c* ist im Allgemeinen nicht verschieden von dem der anderen Gramme'schen dynamo-elektrischen Maschinen, nur werden die Bürsten *b* durch starke Federn *f* gegen die Commutatorschienen gepresst.

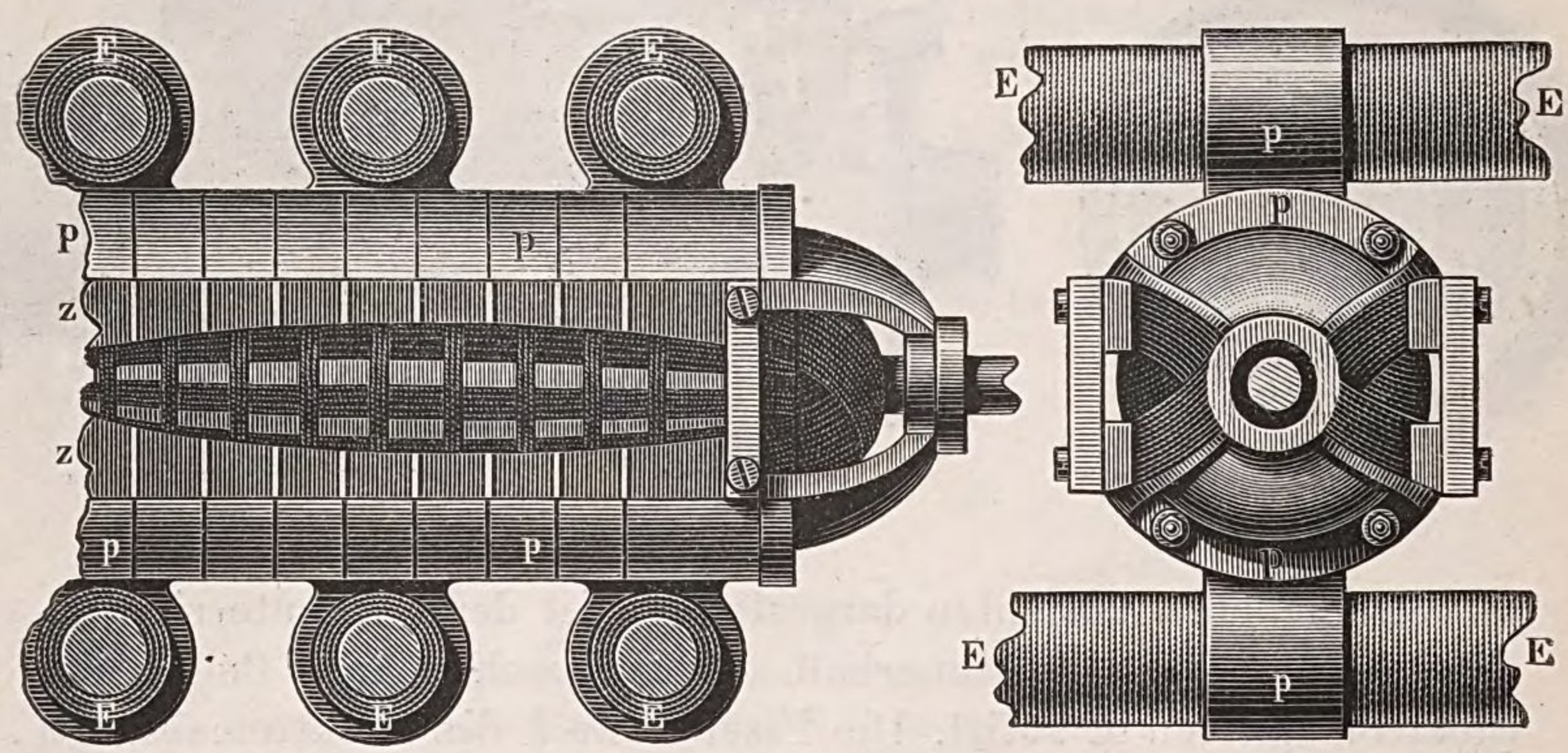
Ueber die mit dieser Maschine erzielten Resultate ist uns bisher nichts bekannt geworden.

§. 34.

Dynamo-elektrische Maschine von Weston.

Zu den Constructionen der neuesten Zeit gehört auch die dynamo-elektrische Maschine von Weston. Dieselbe führt sechs ältere Gramme'sche Elektromagnete über und die gleiche Zahl

Fig. 91.

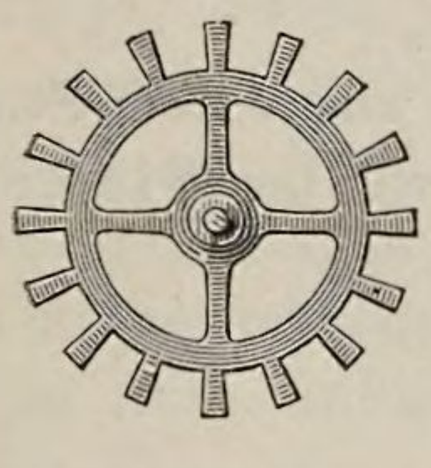


unter dem Inductor, dessen Strom sämmtliche hinter einander geschalteten Elektromagnetwindungen durchfliesst. In der Fig. 91 sind *E E* diese Elektromagnete mit den aus deren Vereinigung zu gleichliegenden Paaren verzweigenden eisernen Polplatten *p p*,

welche, wie bei Gramme, in der Gegenüberstellung entgegengesetzt polarisirt sind. Weston's Polplatten sind aber zur Erhöhung der Wirkung resp. zur Vermeidung von Massenströmen im Eisen und zur bessern Ventilation auf der innern Fläche zungenartig ausgeschnitten, wie an den Hirnflächen *z z* zu erkennen, und stehen auf den Längsseiten im ellipsenförmigen freien Raum gegenüber, was eine regelmässigere Strombildung geben soll.

Der Längenausdehnung der Polplatten entsprechend hat der Inductor die Form eines Cylinders, wie bei Siemens' älterer dynamo-elektrischer Maschine (Fig. 13), aber eine andere Construction. Sein Kern ist aus 36 Eisenplatten der Form Fig. 91 a gebildet, welche auf eine Welle so aufgetrieben sind, dass sich die Randansätze, 16 an der Zahl, einander decken, während die beiden Enden durch ausgerundete Eisenplatten geschlossen werden. Die Zwischenräume der Randansätze sind zur Aufnahme der dem Siemens'schen Cylinder ähnlichen Wicklung bestimmt, welche durch leichte, auf der Länge vertheilte Drahtbunde zusammengehalten werden. Durch diese Wicklung bilden sich, in der Trennung durch 36 Eisenplatten, auf der Mantelfläche 576 Oeffnungen, welche der Luft freien Zutritt zu dem innern Raum des Inductors gestatten, so dass während der Rotation desselben ein sehr starker Luftzug kühlend einwirken kann.

Fig. 91 a.



Der Commutator schliesst sich dem Inductor in bekannter Weise an; die Metallschienen sind aber nicht parallel der Drehungsachse geführt, sondern etwas spiralartig gewunden, wodurch die Bürsten in jeder Lage zwei Schienen berühren, was eine grössere Gleichmässigkeit des Stromes sichert. Die Bürsten sind aus 10 bis 12 über einander liegenden dünnen Platten aus elastischem Kupfer zusammengesetzt, nach der cylindrischen Form des Commutators etwas ausgebogen und auf der schleifenden Seite mit zwei Einschnitten versehen, wodurch drei federnde Zungen gebildet sind.

Die Maschine Weston ist hiernach eine in den Elektromagneten verstärkte Gramme'sche Maschine mit dem Siemens'schen Cylinderinductor, in welcher namentlich der guten Ventilation in hohem Grade Rechnung getragen ist, was an und für sich schon befriedigende Erfolge erwarten lässt.

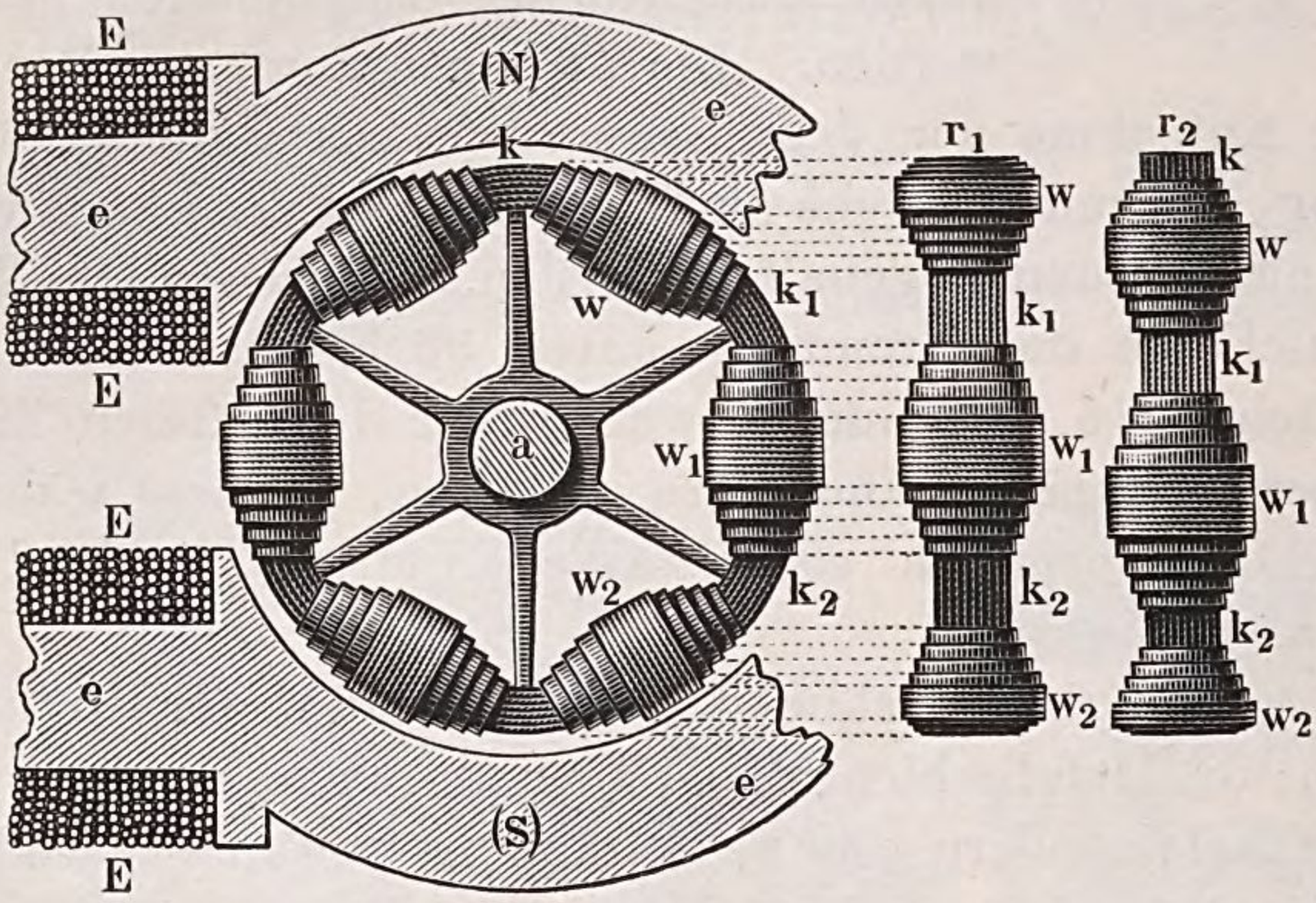
§. 35.

Dynamo-elektrische Maschine von Bürgin.

Hohe Beachtung verdient auch die dynamo-elektrische Maschine von Bürgin. Dieselbe ist in der Lage der Elektromagnete und deren Verbindung mit dem Gestell wie die Siemens'sche Construction (Fig. 13) arrangirt, weicht sonst aber wesentlich von derselben ab.

Die Kerne *ee* (Fig. 92) von Gusseisen sind aus einem Stück gebildet, haben ovalen Querschnitt und die wie bei Siemens

Fig. 92.

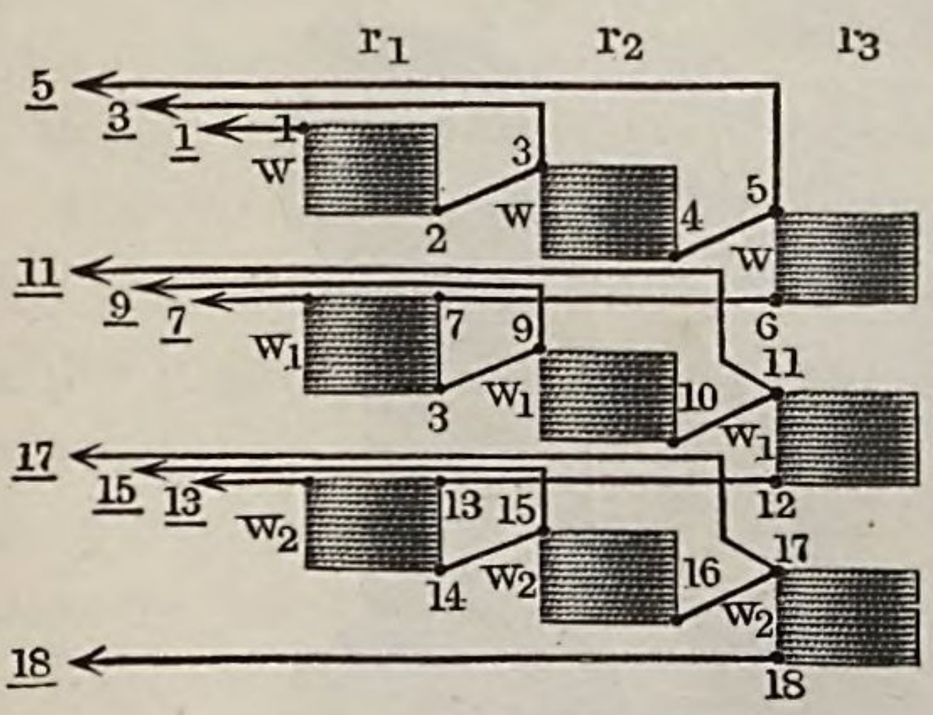


ausgerundeten Poltheile eine Stärke von 50 mm. Zu den Elektromagnetwindungen dient mit Baumwolle besponnener Kupferdraht von 3,5 mm Durchmesser, dessen Gesammtgewicht in den vier Windungen 63 kg und dessen Widerstand etwa 1,2 *S.E* beträgt.

Die Wicklung ist so angeordnet, dass sich die gegenüberstehenden, ausgerundeten Polplatten entgegengesetzt polarisiren (*N* und *S*). Dieselben bilden einen oben und unten vollständig geschlossenen cylindrischen Raum, in welchem der eigenthümlich construirte Cylinderinductor rotirt. Derselbe besteht aus mehre-

ren auf derselben Achse *a* mit Zwischenräumen neben einander gelagerten Ringinductoren. Der Kern derselben ist aus Eisendrähten, wie beim Gramme'schen Ringe (Fig. 62 e), gebildet, wird aber durch sechs Speichen in sechseckiger Form auseinander gehalten. Zwischen je zwei Speichen ist der Kern zunächst mit gefirnisster Leinwand bekleidet und dann mit Baumwolle besponnenem Kupferdraht von 14,5 m Länge, 1,6 mm Stärke in fünf Lagen so bewickelt, dass der Umfang des Inductorringes kreisförmig erscheint, während der Kern *k* in Verbindung mit den Speichen freiliegt. Zur Drei-Lichtmaschine gehören acht solcher Ringe, deren jeder gegen den vorhergehenden um $^1/_{24}$ des Ringumfangs verschoben ist, wie unsere Figur an zwei Ringen r_1 und r_2 erkennen lässt. Der so combinirte Cylinderinductor enthält 48 Wicklungen $w\, w_1\, w_2$ u. s. w. (8 Ringe à 6 Wicklungen). Das Totalgewicht derselben beträgt 11,25 kg. Sämmtliche Wicklungen sind hinter einander verbunden, wie an drei Ringen $r_1\, r_2\, r_3$ der Fig. 92 a speciell zu erkennen. In dem dadurch gebildeten Kreise folgen die Punkte 1 bis 18 in fortlaufender Reihe, während aus den Punkten 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 und 18 besondere Drähte zum Anschluss an die aus Phosphorbronce gefertigten Schienen des Commutators verzweigen. Dieser schliesst den Cylinderinductor auf der einen offenen Seite; und die durch den Commutator führende Drehungsachse *a* lagert in einem starken Metallrahmen, welcher an den Hirnflächen der Polplatten (*N S*) verschraubt ist. Die andere offene Seite des Cylinderinductors ist in ähnlicher Weise durch eine ringförmige mit vier Plattenstreben versehene und zwischen denselben durchbrochene Platte geschlossen, welche in entsprechendem cylindrischen Ansatz das zweite Achslager bildet, aus dem die Achse zur Aufnahme der Riemenscheibe hervorragt.

Fig. 92 a.



Der Commutator ist mit zwei Bürsten aus zusammengefügten Kupferplatten versehen, welche am qu. Metallrahmen verstellbar befestigt sind. Der Widerstand des von beiden Bürsten ein-

Fig. 92 b.

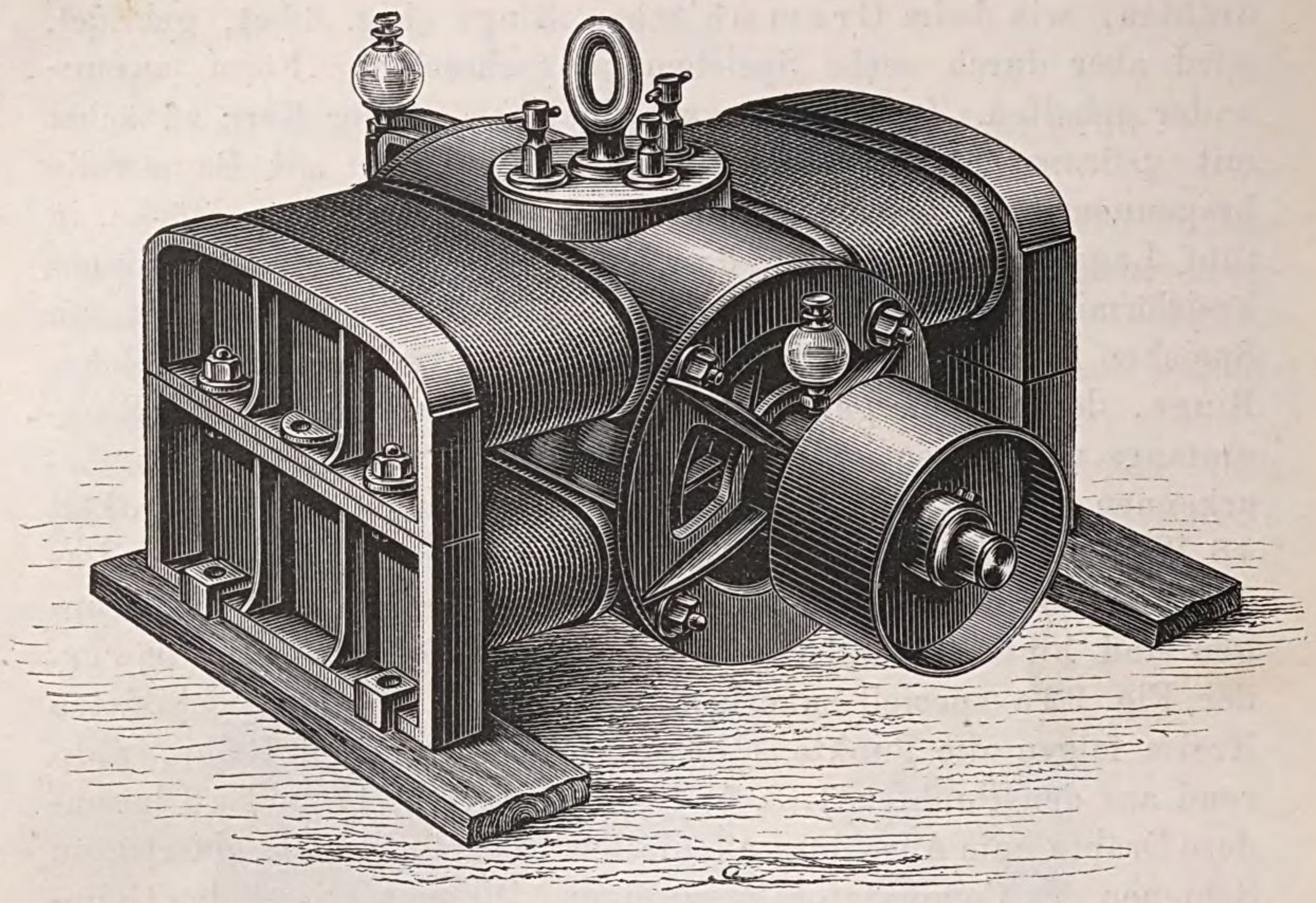
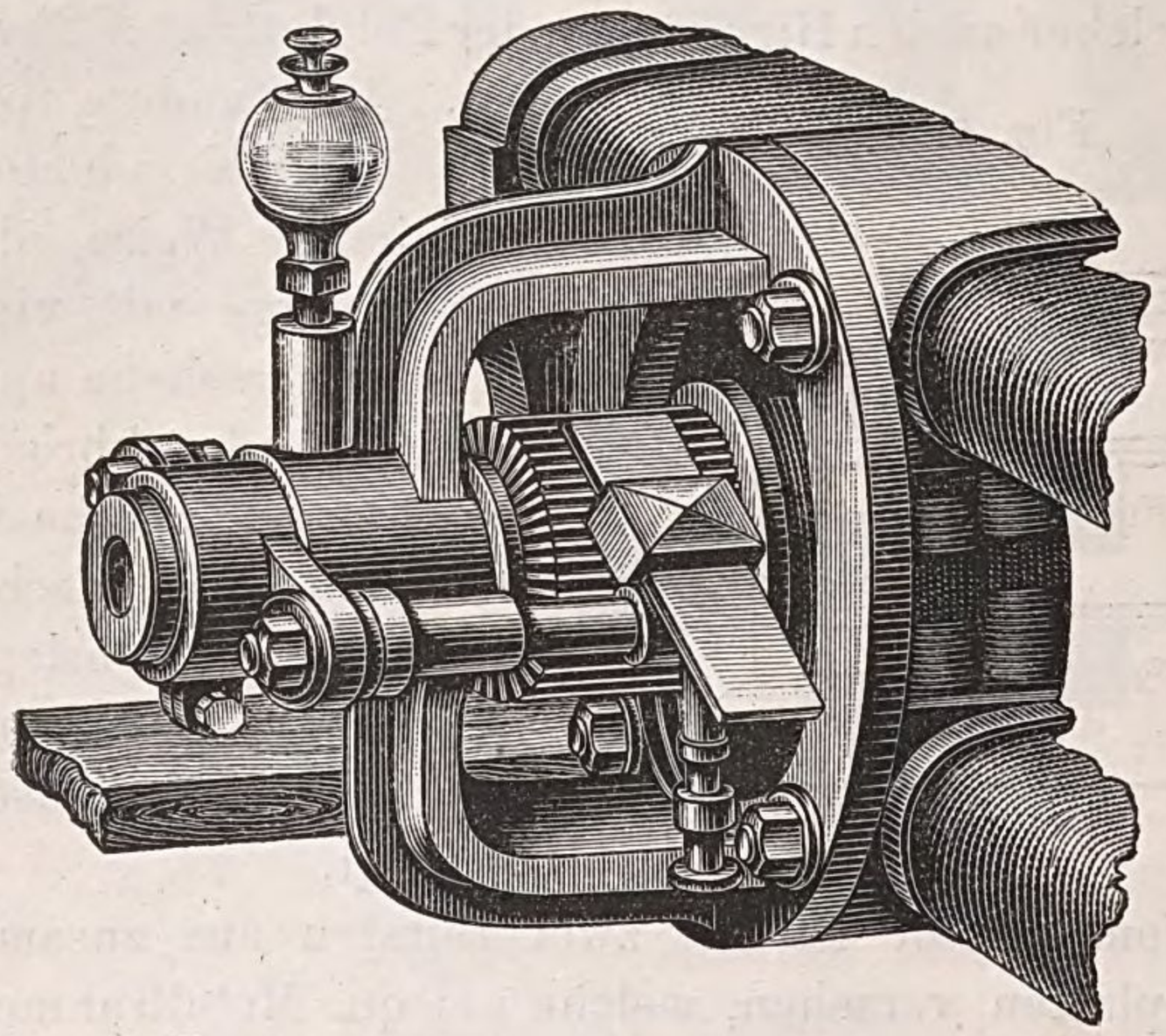


Fig. 92 c.



geschlossenen Inductordrahts ist etwa 1,6 *S.E.* Die beiden gusseisernen Ständer, an welche die Enden der Elektromagnetkerne anschliessen, bestehen aus je zwei verstrebten Theilen, welche in den Horizontalstreben unter einander verschraubt sind. Das Ganze bildet im Zusammenhange eine compacte, sehr solide Form, welche beim Vorhandensein guter Gleichgewichtslage in dem rotirenden Theile, grosse Sicherheit der Bewegung verspricht.

Bei 1500 bis 1600 Touren pro Minute soll die elektromotorische Kraft etwa 200 *D* betragen, was für den Gesammtwiderstand der Maschine $1{,}2 + 1{,}6 = 2{,}8\ S.E\ \frac{200}{2{,}8} = 71$ Weber's Stromstärke giebt. Werden die Elektromagnete durch besondere dynamo-elektrische Maschine erregt, so ist der innere Widerstand nur 1,6 *S.E.*

Fig. 92b giebt die Hauptansicht der Bürgin'schen Maschine und Fig. 92c zeigt die Seite, welche den Commutator enthält.

§. 36.

Dynamo-elektrische Maschine von Muirhead und Hopkinson.

Besonderes Interesse knüpft sich an die in neuester Zeit construirte dynamo-elektrische Maschine von Muirhead und Hopkinson, welche in geringer Veränderung sowohl continuirliche wie Wechselströme liefert.

Fig. 93 (a. f. S.) zeigt diese Maschine, deren innere Einrichtung durch Fortnahme des halben Gehäuses sichtbar ist. Man bemerkt hier die gusseisernen Kerne *k* der Elektromagnete mit ihren Windungen *w* und den mit der Achse *a a* drehbaren halben Inductorring *i i*, welcher den Elektromagnetkernen gegenüber die Inductionsrollen trägt.

Fig. 93a (a. f. S.) lässt die Anordnung der 10 Elektromagnete auf einer Seite des Inductors erkennen. Die Eisenkerne *k* sind, wie durch starke Linien angedeutet, mit je zwei Einschnitten versehen, welche mit isolirten Eisenblechen ausgefüllt sind, wodurch Localströmungen abgewendet werden sollen; und die Richtung der

Windungen ist durch gebrochene Linien bezeichnet. Die Windungen sind so angeordnet, dass der darin circulirende Strom die auf einander folgenden Elektromagnete entgegengesetzt polarisirt.

Fig. 93.

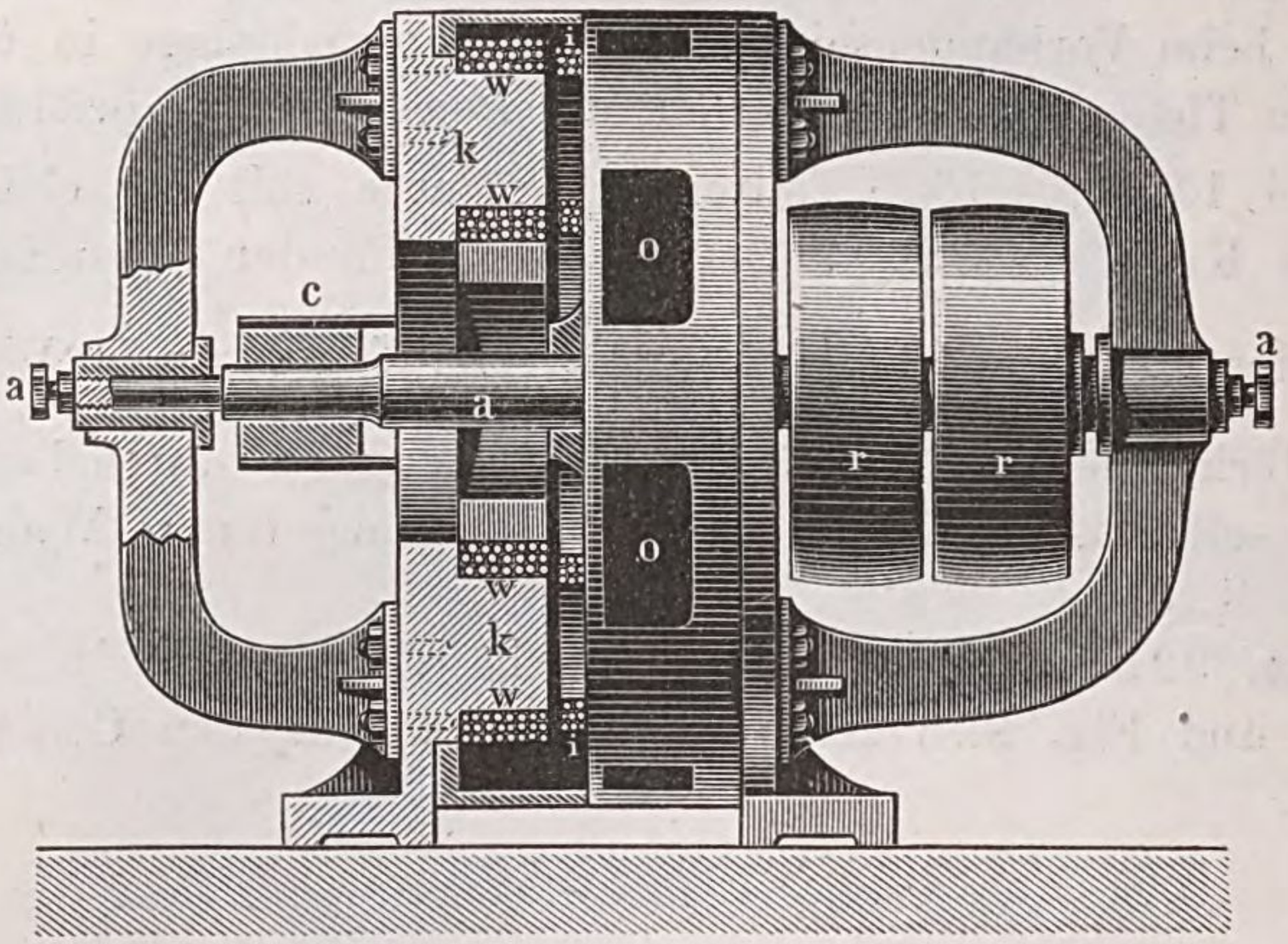
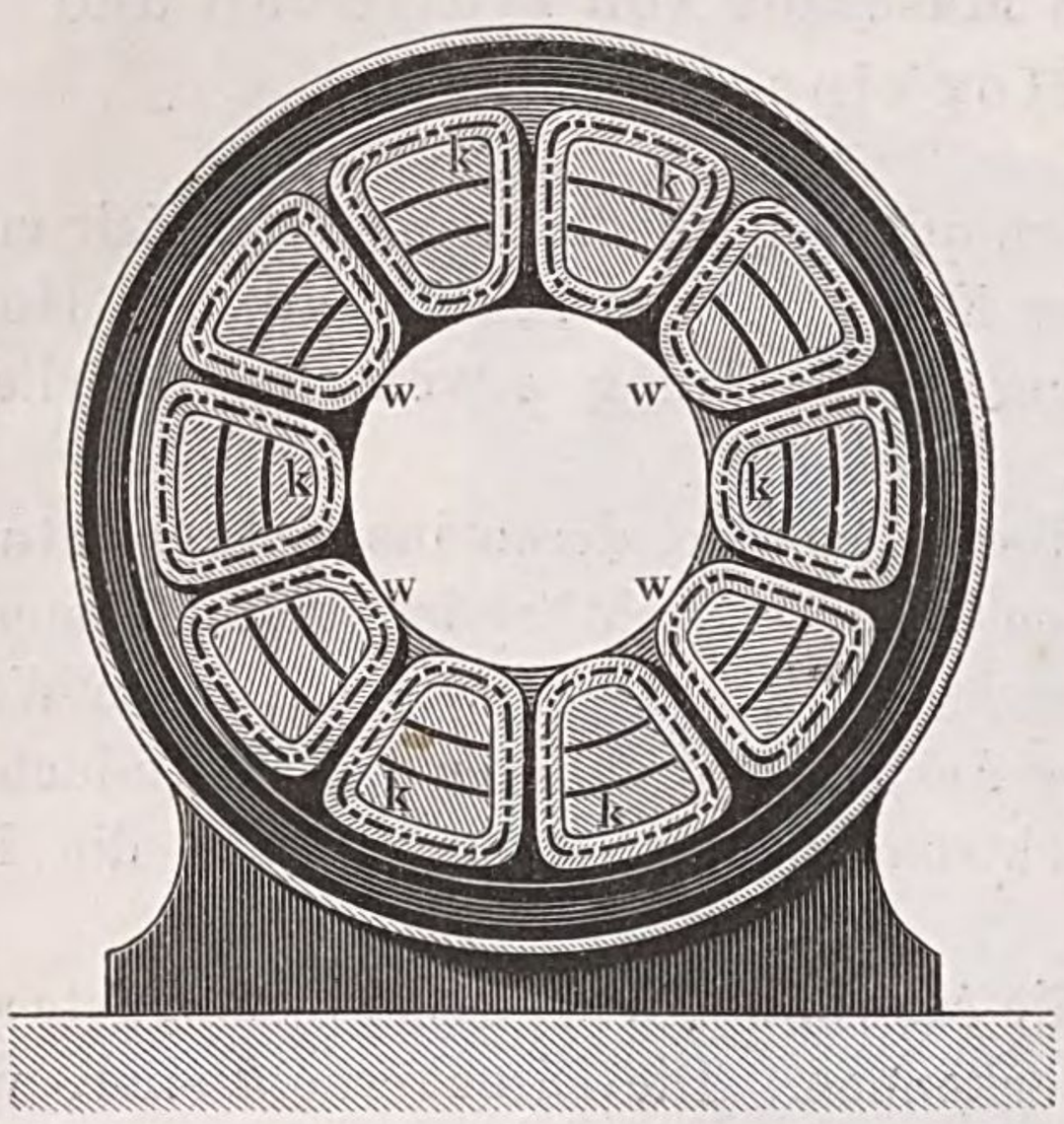


Fig. 93 a.



Die verdeckte Hälfte der Maschine (Fig. 93) enthält dieselbe Zahl Elektromagnete in gleicher Gruppirung. Die Polflächen beider Elektromagnetreihen schliessen den Inductor ein, stehen genau gegenüber und bilden, bei ungleichnamiger Polarität, kräftige homogene magnetische Felder.

Der Inductor *ii* (Fig. 93) ist in der Weise gebildet, dass der Umfang eines mit der Achse *a a* fest verbundenen Kernes von dünnen, durch Asbestpapier von einander isolirten Eisenblechen umgeben ist, welche, durch Bolzen

zusammengehalten, mit dem Kern fest verbunden sind, und in entsprechenden radialen Einschnitten den Elektromagnetwindungen ähnliche Inductorwindungen auf beiden Seiten aufnehmen.

Diese Einschnitte stehen bei Wechselstrommaschinen genau gegenüber, befinden sich aber bei Maschinen für continuirlichen Strom auf der einen Seite in der Mitte der Entfernung unter den Einschnitten der andern Seite des Inductorringes.

Die Funkenbildung am Commutator *c* möglichst einzuschränken, sind die schleifenden Bürsten getheilt und der Theil derselben, welcher den Contact mit irgend einer Section des Commutators zuletzt unterhält, bietet dem Durchgange des Stromes einen Widerstand, so dass derselbe nicht in voller Stärke unterbrochen wird.

In der Anordnung doppelter Riemenscheiben *r r* ist grössere Sicherheit gegen den nachtheiligen Einfluss des Gleitens der Treibriemen geboten (S. 47).

Für gute Ventilation ist durch die Gehäuseöffnungen *o o* und durch Bildung eines grossen freien Raumes innerhalb der Eisenmassen gesorgt, welcher sich bis an den Inductor erstreckt und denselben zum Theil freilegt.

Diese Maschine ist erst durch die Pariser Ausstellung bekannt geworden. Welche Resultate damit erzielt sind, haben wir bis jetzt nicht erfahren können; es lässt sich indess annehmen, dass wir es mit einer der besten Constructionen zu thun haben. Die dazu gehörende Lampe ist in der 2. Abtheilung beschrieben.

§. 37.

Dynamo-elektrische Maschine von Jürgensen und Lorenz.

Eine von C. P. Jürgensen und L. Lorenz construirte dynamo-elektrische Maschine weicht in der Form von den bisher beschriebenen gänzlich ab, obgleich es sich dabei im Wesentlichen um die Gramme'sche Construction handelt, deren Wirkung durch Anbringung eines festen Elektromagneten innerhalb des rotirenden Gramme'schen cylinderförmigen Ringes erhöht wird.

Fig. 94 zeigt die Maschine in der Seitenansicht und Fig. 94a im centralen Schnitt durch den Inductor. Die Kerne des äussern Elektromagneten EE sind gekrümmt und durch die eiserne Grund-

Fig. 94.

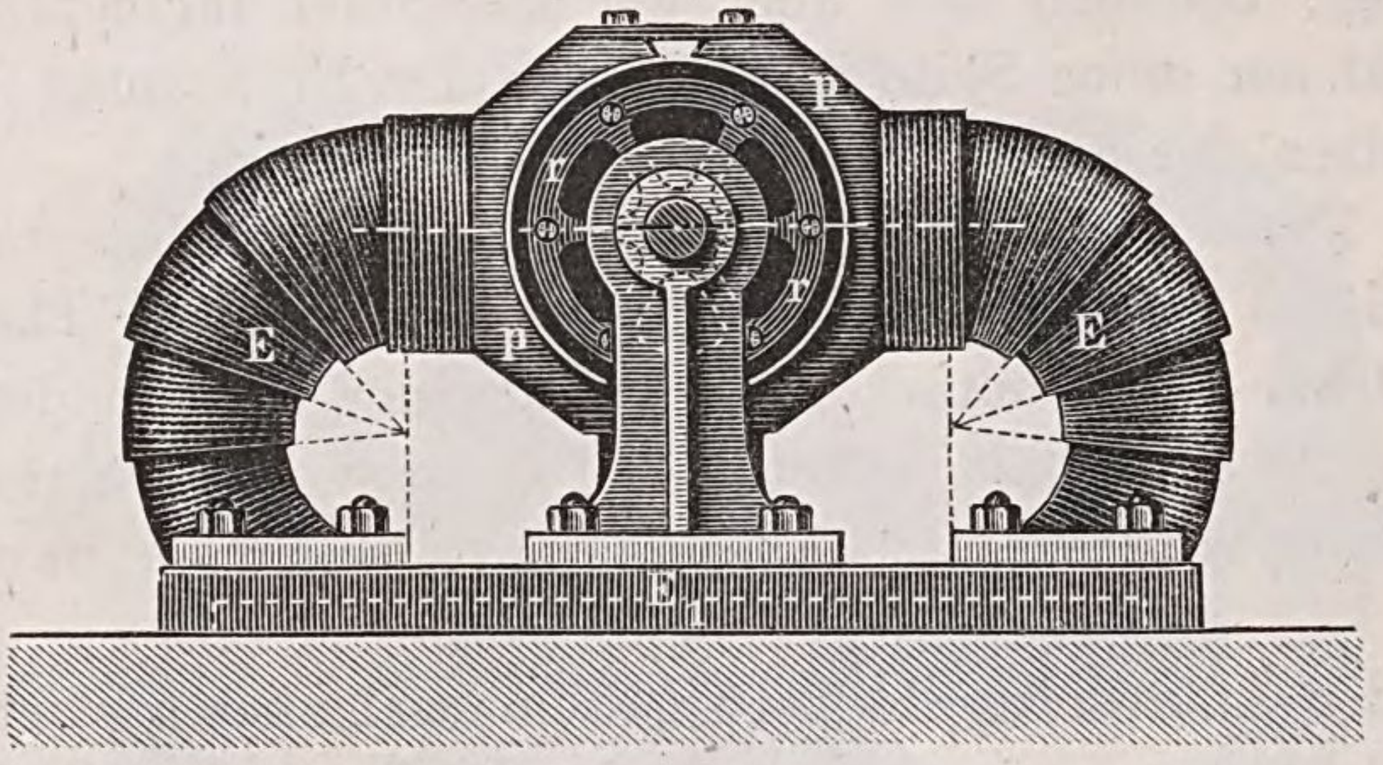
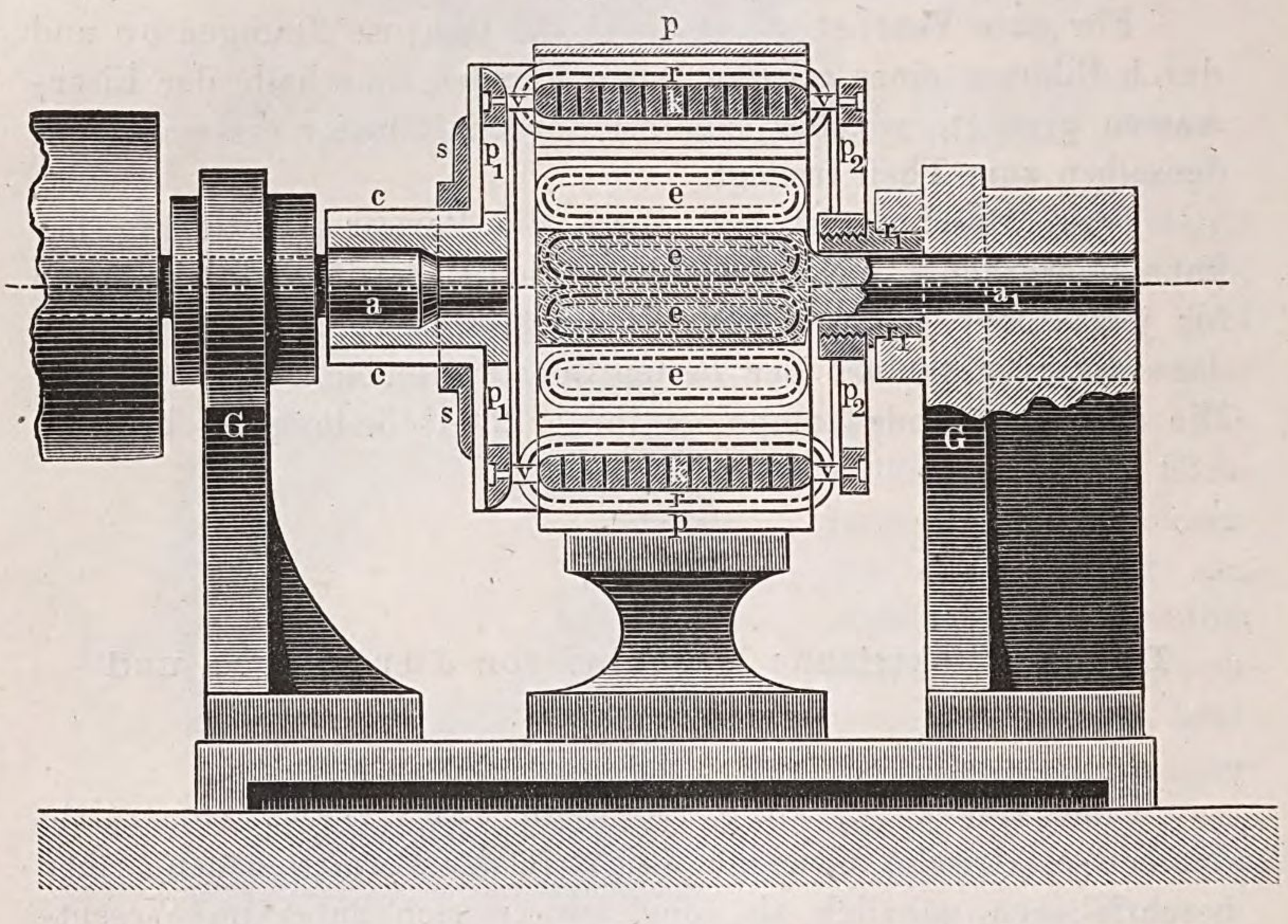


Fig. 94 a.



platte E_1 zum Hufeisenmagnet verbunden, dessen entgegengesetzte Pole $p\,p$ den cylinderförmigen Ringinductor r auf der ganzen Oberfläche in geringem Abstande umfassen. Dem System festern Halt zu geben, sind beide Polplatten oben durch eine Platte aus

nicht magnetischem Metall verbunden und unten besonders unterstützt. Wie aus der Form des Elektromagneten zu erkennen, steigert sich die Zahl der Drahtwindungen mit der Annäherung an die Polplatten *p p*.

Der Kern *k* des Inductorringes *r* ist aus einer Anzahl unter einander isolirter, durch Bolzen zusammengehaltener Eisenringe gebildet, und wie der Gramme'sche Ring bewickelt. Dieser Kern ist auf den schmalen Seiten mit Verbandstücken *v* versehen, welche den Inductor an zwei solide Kupferplatten p_1 p_2 anschliessen, von denen eine p_1 mit der Achse *a* fest verbunden ist, während die andere p_2 sich über einen Stahlring r_1 frei um dieselbe (getheilte Achse a_1) drehen kann. Jede Platte enthält sechs grosse Oeffnungen zur Erzeugung eines kräftigen Luftzuges bei der Rotation. Innerhalb des rotirenden Inductors befindet sich ein fester Elektromagnet *e e* von nahe gleicher Länge mit demselben, dessen vier Schenkel kreuzförmig zusammengestellt sind. Die Bewicklung der Schenkel ist so angeordnet, dass die gleichnamigen Pole neben einander liegen, welche durch Polplatten unter einander verbunden sind, die den inneren Ringwindungen in derselben Ausdehnung gegenüberstehen, wie die Polplatten *p p* des äussern Elektromagneten *E E* der äussern Drahtbewicklung des Inductors. Aus der Mitte des kreuzförmigen Elektromagneten *e e*, in fester Verbindung, tritt die getheilte Achse a_1 heraus, welche im Gestell *G* fest und so gelagert ist, dass die innern Polplatten den äussern *p p* von gleicher Polarität gegenüber stehen, der Inductor also, zur Erhöhung der Wirkung, zwischen parallel gestellten Polplatten rotirt.

Mit der Achse *a* dreht sich der Commutator *c*, bekannter Form, indem er mittelst ringförmiger Scheibe *s* an die Kupferplatte p_1 anschliesst. Die Bürsten desselben, an der Regulirungsvorrichtung vom Gestell *G* getragen, können auch während des Betriebes eingestellt werden.

Der aus den Bürsten abfliessende continuirliche Strom verzweigt durch die Windungen des innern Elektromagneten, sofern es nicht vorgezogen wird, diesen durch besondere kleine dynamo-elektrische Maschine anzuregen, was die Wirkung verstärkt.

Diese Maschine soll in ihrer Leistung andere dynamo-elektrische Maschinen gleicher Dimensionen und gleichen Gewichts bedeutend übertreffen, namentlich auch sehr geringe Erhitzung

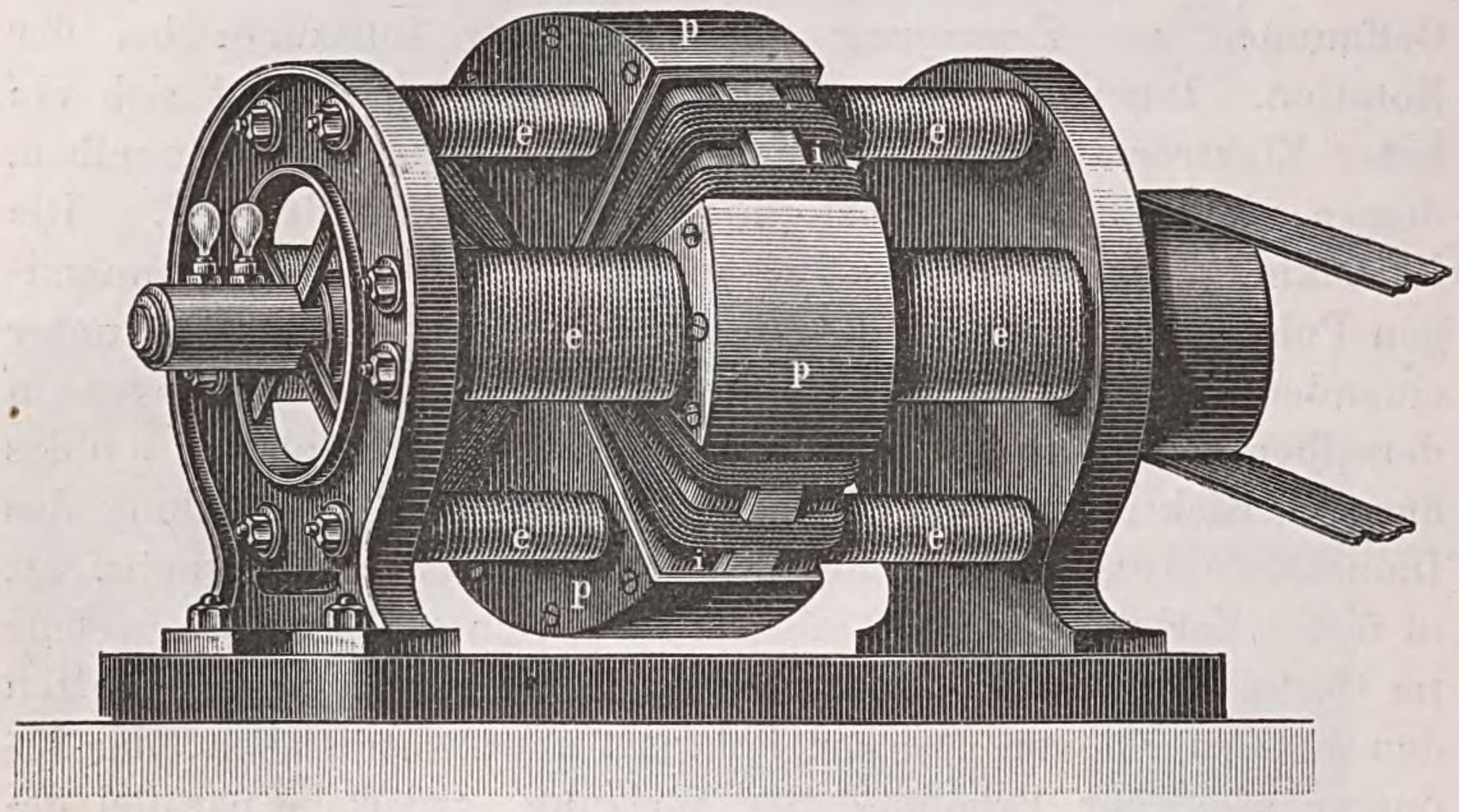
während der dauernden Arbeit zeigen. Weitere Versuchsresultate aus der Praxis sind uns nicht bekannt geworden; jedenfalls giebt die mechanische Anordnung zu einigen Bedenken Veranlassung.

§. 38.

Dynamo-elektrische Maschine von Gülcher.

Gülcher's Construction einer dynamo-elektrischen Maschine (Fig. 95) zielt darauf ab, grössere Stromstärken durch möglichste

Fig. 95.



Verminderung des innern Widerstandes zu erzeugen. *e e* sind flache Elektromagnete, welche, in Stelle starken starren Kupferdrahtes, mit isolirtem Kupferseil so bewickelt sind, dass die einander gegenüberstehenden Pole gleiche Polarität erhalten, während solche in den im Kreise liegenden Elektromagneten wechselt. Die an die Kerne anschliessenden Polstücke *p p* sind nach aussen eckig abgebogen und bilden ein Gehäuse für den rotirenden ringförmigen Inductor *i*, dessen Windungen in grosser Ausdehnung in kräftigen magnetischen Feldern liegen. Dadurch, dass der Querschnitt des Inductorringes nach innen keilförmig gebildet, ist es möglich geworden, die dem inducirenden Einflusse entzogenen Windungstheile möglichst einzuschränken.

Wie aus unserm Bilde erkennbar, sind die Windungen in Gruppen geordnet, in deren Zwischenräumen, aus der Mitte des hier frei liegenden Eisenkerns Eisenkeile hervortreten, welche sich mit der Oberfläche der Windungsgruppen vergleichen. In den dadurch auf der Oberfläche des Inductors gebildeten Vertiefungen entsteht während der Rotation starke Luftströmung, welche das System gegen zu grosse Erhitzung schützt.

Der wechselnden Polarität der zu Paaren vereinigten acht Elektromagnete *e e* entsprechend, entstehen innerhalb der Inductorwindungen vier Ströme wechselnder Richtung, welche durch Parallelverbindung der Drähte zu einem continuirlichen Strom vereinigt sind, womit gleichzeitig der Gesammtwiderstand der Maschine auf 0,12 $S.E$ reducirt ist.

Commutator und Bürsten haben eine Breite von 160 mm; die Funkenbildung daran soll kaum bemerkbar sein.

Ueber die Betriebsresultate dieser Construction, selbst des auf der vorjährigen Pariser Ausstellung vorgeführten Exemplars, ist uns bisher nichts bekannt geworden.

§. 39.

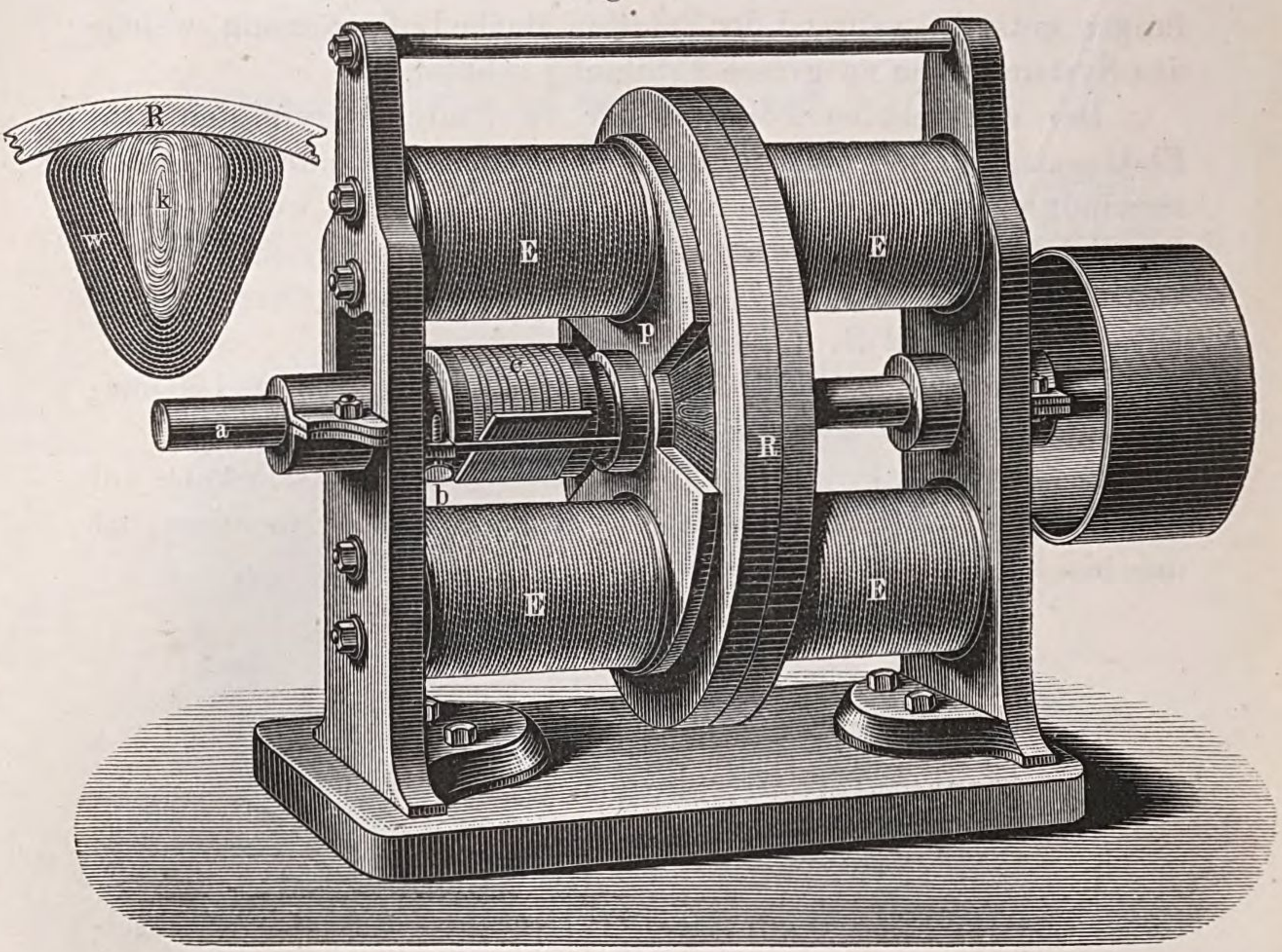
Dynamo-elektrische Maschine von Ball.

Ball's (Arago) Bemühungen richten sich auf die Construction dynamo-elektrischer Maschinen nach Form der Wechselstrommaschinen von Siemens (§. 26), welche er aber erst längere Zeit nach Ausführung seiner Ideen kennen gelernt haben will.

Fig. 96 zeigt Ball's Bipolarmaschine. EE sind die Elektromagnete mit breiten, in der Gegenüberstellung und in seitlicher Lage entgegengesetzt magnetisirten Polplatten p, zwischen denen auf der Achse a der Inductor R rotirt. Derselbe besteht aus sechs zum Kreise verbundenen hufeisenförmigen Windungsgruppen w, mit Holzkern k, deren jede einen Sector von 60^0 umfasst, welche innerhalb zweier von doppelter ringförmiger Fassung aus Messing umgebenen Platten befestigt sind. Durch Ausschluss von Eisenkernen und anderen Metalltheilen sind mit der Rotation sonst verbundene störende Nebenwirkungen nach Möglichkeit abgewendet. Der Commutator c führt zwei Bürsten b und ist aus sechs Platten

gebildet, welche an die Vereinigung je zwei neben einander liegender Windungsgruppen leitend anschliessen. Diese Platten sind wie bei Brush spiralförmig angeordnet, wodurch es möglich geworden, während $^1/_{12}$ der Umdrehung stets ein Paar diametral

Fig. 96.



gegenüberliegender Windungsgruppen mit ihrem Widerstand aus dem Gesammtkreise auszuschliessen und zwar in dem Augenblick, wo dieselben elektrisch nicht erregt werden. Funken sollen am Commutator kaum bemerkbar sein.

Diese Maschine soll, bei geringerm Aufwand an mechanischer Arbeit, der Wirkung der Gramme'schen Maschine gleichkommen.

In einer andern nach demselben Princip gebauten grössern und complicirtern Maschine, ebenfalls für continuirlichen Strom, tritt die Aehnlichkeit mit der Siemens'schen Wechselstrommaschine noch mehr hervor. Sie führt sechs Paar Elektromagnete, ähnlich arrangirt wie in Fig. 70 b, welche im Kreise gelagert sind und in der Gegenüberstellung sechs kräftige magnetische Felder

einschliessen. Der Inductor besteht aus acht hufeisenförmigen Drahtrollen, innerhalb zweier mit der Drehungsachse fest verbundenen nach aussen durch Kupferringe zusammengehaltenen Metallplatten. Jede Rolle ist mit zwei Drähten bewickelt, von denen einer den Strom für die äussere Leitung abgiebt, während der andere den zur Erregung der Elektromagnete nach dynamo-elektrischem Princip erforderlichen Strom liefert, wonach auch der Commutator aus zwei Theilen besteht. Derselbe ist aus 24 Kupferstreifen zu 8 Gruppen à 3 gebildet, und aus dem Raum zwischen zwei benachbarten Drahtrollen verzweigen drei Verbindungen nach den drei Kupferstreifen der betreffenden Gruppe. Die Bürsten der beiden Commutatortheile sind stets mit zwei Kupferstreifen in Contact, aus denen der gerichtete Strom in die betreffenden Kreise tritt. Das Princip zur Bildung des continuirlichen Stromes ist dasselbe wie bei Siemens Anordnung (§. 31).

Bei 900 bis 1000 Touren pro Minute und mit sechs Pferdekräften sollen 10 bis 12 Lichter von guter Leuchtkraft gespeist werden können.

Das Gewicht dieser Maschine ist zu 385 kg angegeben.

§. 40.

Dynamo-elektrische Maschine von Edison.

Eine von Edison construirte einfache dynamo-elektrische Maschine (Fig. 97 a. f. S.) haben wir, weil daran bisher nichts Bemerkenswerthes nachzuweisen, bis jetzt unbeachtet gelassen. *EE* sind die beiden Elektromagnete mit den Polplatten *pp*, in deren Ausrundung der cylinderförmige, dem Siemens'schen ähnliche Inductor *J* rotirt, dessen Achse in bekannter Anordnung den Commutator *c* aufnimmt. Nachdem Edison aber, in Ausführung von Versuchen zur Beleuchtung grösserer Districte mit dem Glühlicht, diese Maschine in bedeutenden Dimensionen und mit besondern Arrangements ausgeführt, hat sich das Interesse daran gesteigert. Fig. 97 a zeigt das auf der vorjährigen Pariser Ausstellung vorgeführte Exemplar. Dasselbe vereinigt die dynamo-elektrische Maschine *M* mit der zu ihrem Betriebe erforderlichen Dampfmaschine M_1 auf einem Gestell. Der ganze Apparat wiegt

Fig. 97.

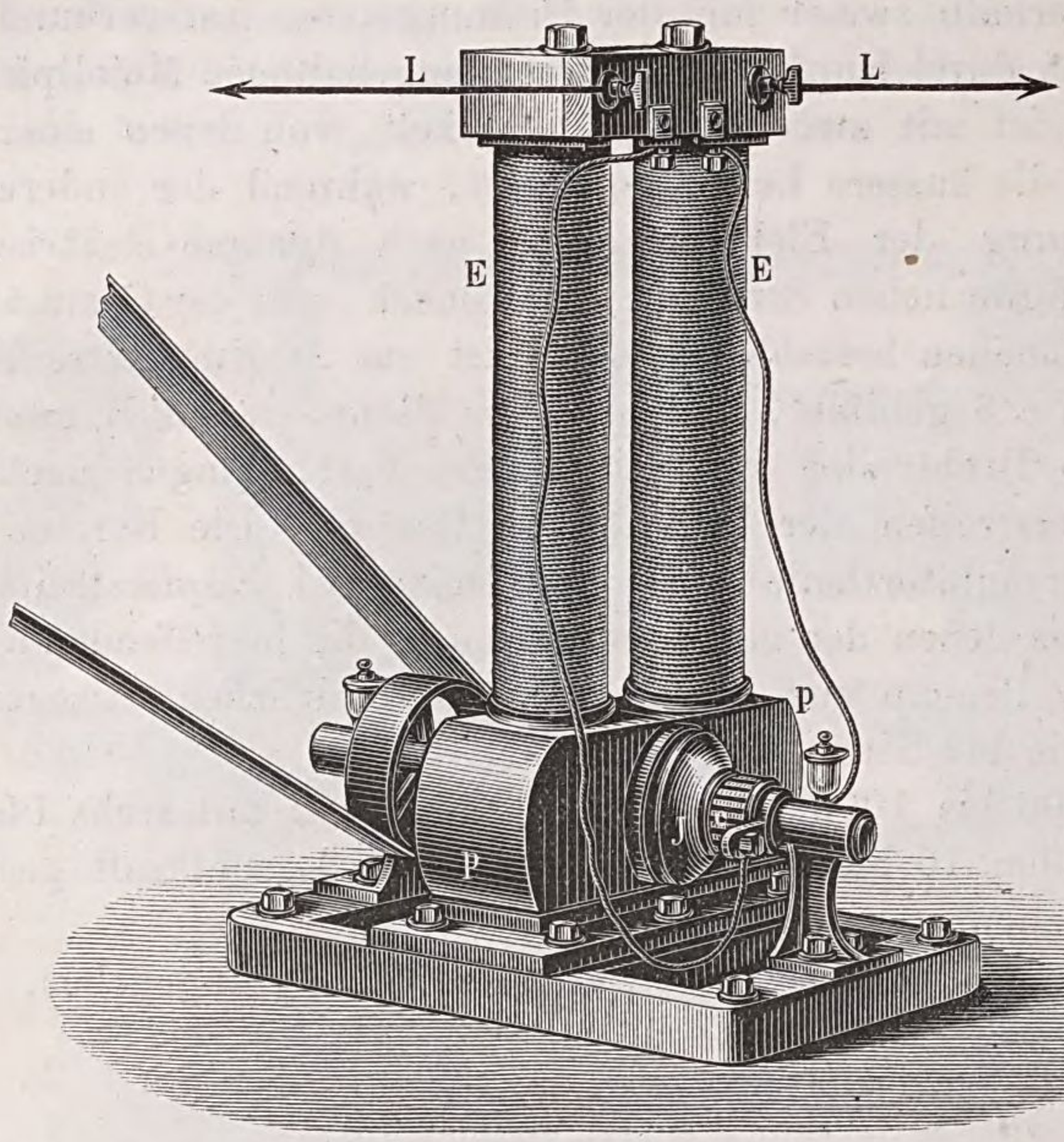
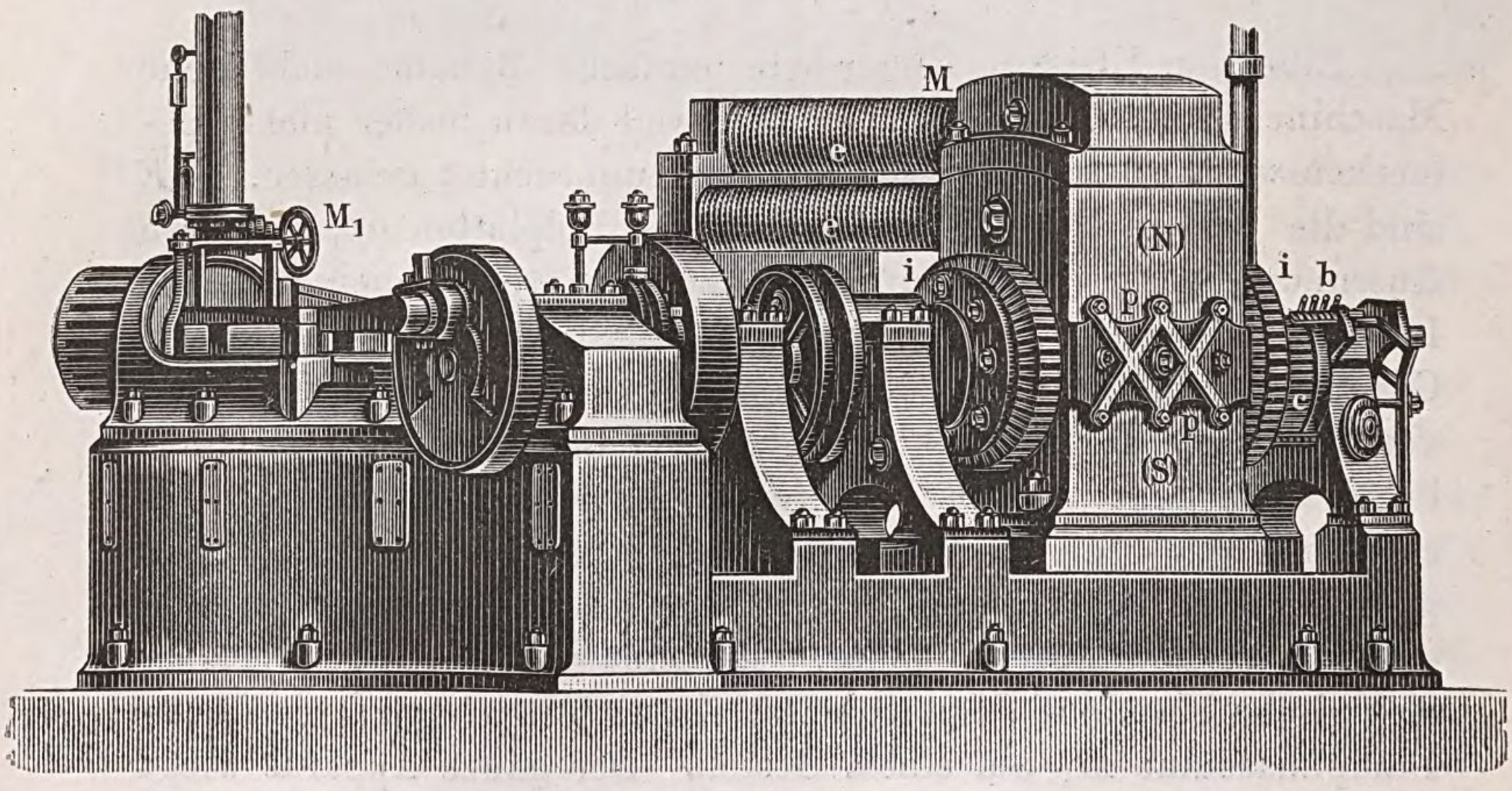


Fig. 97 a.



17 000 kg, wovon 10 000 kg allein auf die acht Elektromagnete *ee* entfallen, während der rotirende Inductor *i* ein Gewicht von 2500 kg hat.

Der Dampfmotor ist eine Horizontalmaschine von 125 Pferdekraft, dessen Achse durch besondere Vorrichtung mittelst Scheiben mit der Achse des rotirenden Inductors *i* verkuppelt ist, so dass der Treibriemen fortfällt und damit dessen nachtheiliger Einfluss auf den regelmässigen Gang der dynamo-elektrischen Maschine. Der Dampfcylinder ist 0,28 m lang und hat einen Durchmesser von 0,15 m. Besonders auffallend ist die bedeutende Länge von ppr. 2,5 m der Elektromagnete *e e* und deren Gruppirung. Fünf derselben befinden sich in horizontaler Lage (drei neben einander, darüber zwei neben einander, und zwar die in unserm Bilde sichtbaren) über der Drehungsachse, und drei in gleicher Lage neben einander unter derselben. An die auf ihrer ganzen Länge, zur Verminderung der Kosten, mit Eisendraht bewickelten Elektromagnetkerne schliessen grosse, massive Eisenblöcke als Polstücke (*N* und *S*) an, welche durch Platten *p* aus nicht magnetischem Metall verbunden und, zur Aufnahme des rotirenden Inductors *i i*, cylinderförmig ausgebohrt sind.

Die bedeutende Länge der Elektromagnete ergiebt sich aus der Verwendung von Eisendraht [1]) für die Wicklung; ob aber dem damit erzielten pecuniären Vortheil die Wirkung entspricht, lässt sich bezweifeln, da die Erfahrung eine Grenze zwischen den Stärken und Längen der Magnete kennt, welche hier überschritten wird. Die ungleichmässige Vertheilung der Elektromagnete soll ursprünglich nicht beabsichtigt gewesen und dadurch veranlasst sein, dass nach Herstellung der Maschine mit sechs Elektromagneten, wegen nicht genügender Leistung, die beiden obersten haben zugefügt werden müssen. Der Inductor *i i* von 0,71 m Durchmesser und 1,53 m Länge hat die Form des Siemens'schen Cylinders, führt aber keine Drahtwicklung. In Stelle derselben dienen durch präparirtes Papier isolirte Kupferstreifen von etwa 1 m Länge, welche zu 138 Stück in der Längenrichtung des Umfangs gleichmässig auf dem aus isolirten Eisenlamellen

---

[1]) In neueren Constructionen kommt starker Kupferdraht zur Verwendung.

gebildeten Cylinder [1]) vertheilt und an den beiden Kopfenden desselben durch isolirte Kupferplatten so unter einander verbunden sind, dass daraus ein continuirlicher Leitungskreis hergestellt ist. Mit jeder Kupferplatte des einen Kopfendes sind nämlich die beiden diametral gegenüberliegenden Kupferstreifen verbunden, während am andern Kopfende an die betreffende Platte nur einer dieser beiden Kupferstreifen anschliesst, der zweite dagegen mit der nächst folgenden Platte in Verbindung steht. Die Kupferstreifen sind dabei sämmtlich von gleicher Länge, indem die durch die Stärke der Platten bedingte Differenz dadurch ausgeglichen wird, dass die äusserste Platte der einen Seite mit der innersten der andern Seite in Zusammenhang gebracht ist u. s. f., wonach die gleich langen Stäbe nur etwas gegen einander verschoben sind. In solcher Anordnung, welche auch auf die einfache Edison'sche Maschine (Fig. 97) übernommen, ist der Widerstand des Leitungskreises an den todten Endflächen des Cylinders möglichst vermindert und die unbequeme Anhäufung der sich hier sonst kreuzenden Drähte vermieden. Der Commutator *c* von etwa 0,23 m Länge hat die bekannte Form und führt, der Zahl der Kupferstreifen des Inductors entsprechend, 138 isolirte Kupfersectoren, welche an erstere anschliessen. Auf dem Commutator schleifen zwei breite, aus je acht Drahtbündeln bestehende Bürsten *b*. Aus denselben verzweigen mehrere Kreise, welche theils durch die Windungen der Elektromagnete führen, theils an einen oder mehrere äussere Kreise anschliessen.

Der Gesammtwiderstand der Elektromagnetwindungen beträgt 30 *S.E*, der Widerstand des Inductors nur 0,008 *S.E*.

Bei der Drehungsgeschwindigkeit von 350 Touren pro Minute und 54 kg Dampfdruck soll die elektromotorische Kraft im Betriebskreise etwa 100 *D* (Volts) betragen und ein Betriebsstrom für 2000 halbe oder 1000 ganze Incandescenzlichter (8 und 16 Normalkerzenlichtstärke) geliefert werden. In der Verbindung auf der Pariser Ausstellung wurden mit dieser Maschine über 600 Lichter unterhalten, wobei der Widerstand des äussern Kreises, während des Betriebes sämmtlicher Lampen zu 0,32 *S.E* (Ohms) ermittelt sein soll.

---

[1]) Dicke Röhre aus einer Reihe dünner Scheibenringe von Eisenblech gebildet, welche durch Papier unter einander isolirt sind, verbunden mit der Drehungsachse durch einen Holzcylinder.

Eine noch grössere Maschine dieser Art führt 12 Elektromagnete [1]), hat ein Totalgewicht von 22 000 kg und ist zur bessern Ventilation mit veränderten Luftzügen z (Fig. 97 a) versehen; auch der Inductor, obgleich im Princip von dem beschriebenen nicht verschieden, hat andere Einrichtung erhalten. Diese Maschine [2]) ist zur Unterhaltung von 1000 Edison'schen Lampen zu 16 Normalkerzen Lichtstärke bestimmt, wozu es eines mechanischen Aufwandes von 125 Pferdekräften bedürfen soll, wonach auf die einzelne Pferdekraft eine Gesammtlichtausgabe von 128 Normalkerzen entfallen würde.

§. 41.

Dynamo-elektrische Maschine von Lachaussée.

In der Maschine von Lachaussée, welche wir in Fig. 98 präsentiren, liegt, wie bei Gramme (Fig. 71), der Inductor fest und die Elektromagnete rotiren. Dieselben bilden zwei Kreise à 12, von denen einer in der Figur sichtbar ist, und werden durch den Strom einer besonderen, kleinen Gramme'schen dynamoelektrischen Maschine so polarisirt, dass innerhalb eines jeden Kreises entgegengesetzte Pole auf einander folgen und auch die in beiden Kreisen einander gegenüberstehenden Kernflächen entgegengesetzt magnetisirt sind.

Die Elektromagneten jedes Kreises sind auf einer Eisenplatte befestigt, welche mit der Drehungsachse fest verbunden ist. Der Strom der erregenden Dynamomaschine wird den Elektromagneten in den mit Pfeilen versehenen Leitungen durch zwei, auf der linken Seite erkennbare Metallbürsten zugeführt, welche auf cylindrische mit der Achse isolirt verbundene Contactstücke pressen.

Der Inductor besteht aus einer Centralplatte, welche 12 elliptische Windungsgruppen aus isolirtem Kupferdraht, in der Höhe der Polplatten der Elektromagnete, also in kreisförmiger Grup-

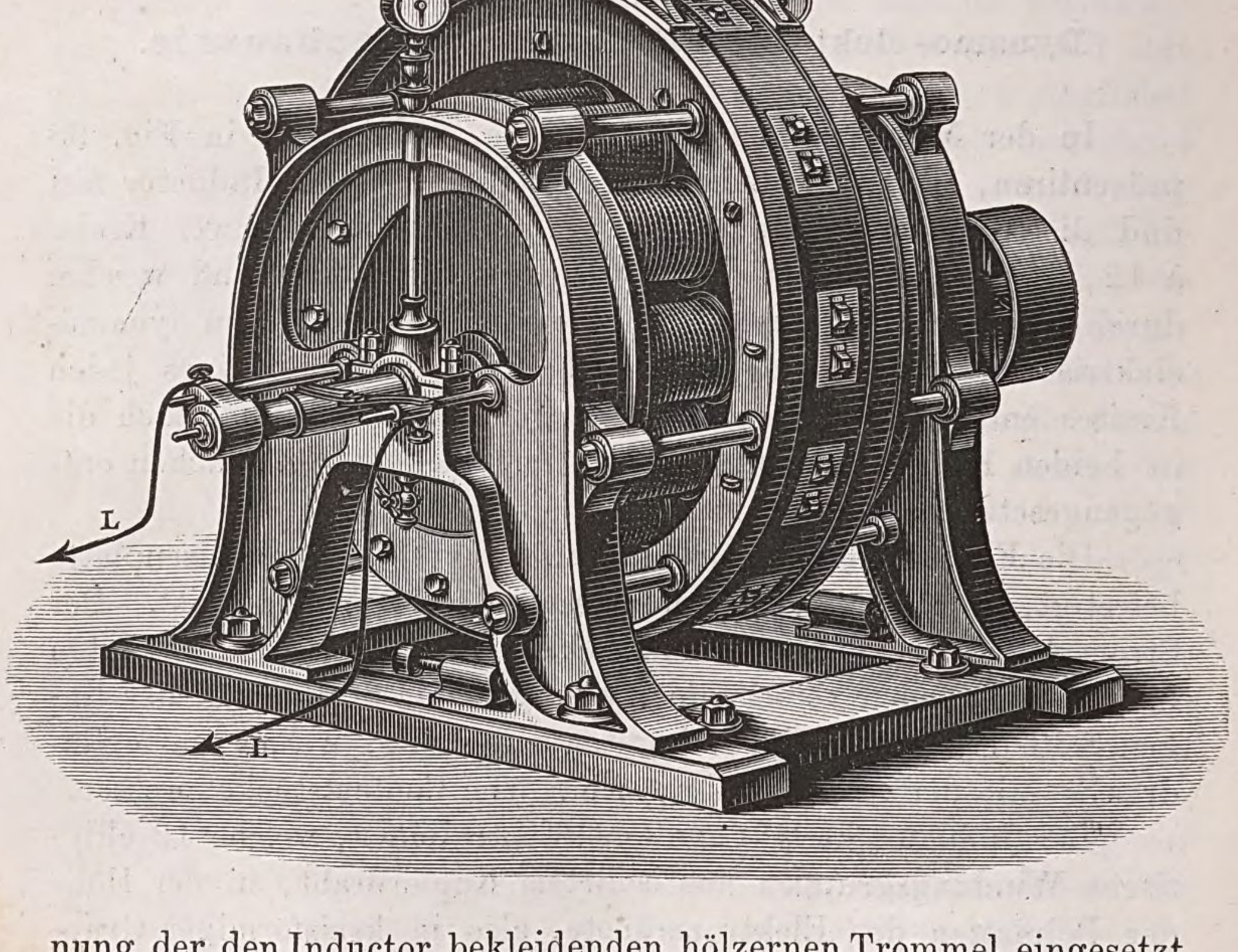
---

[1]) Beschrieben im Engineer, Vol. LIII, Nr. 1360, Januar 20, 1882, S. 42 und 46.

[2]) Engineering, Vol. XXXIII, März 10, 1882, pag. 227, beschreibt eine ähnliche, in der Lage des Dampfmotors veränderte Maschine.

pirung, enthält. Jede Windungsgruppe schliesst, wie Fig. 98 a zeigt, einen hohlen, ovalen Kern von dünnen Eisenplatten ein und ist an kleinem Holzklotz befestigt, welcher in entsprechende Oeff-

Fig. 98.

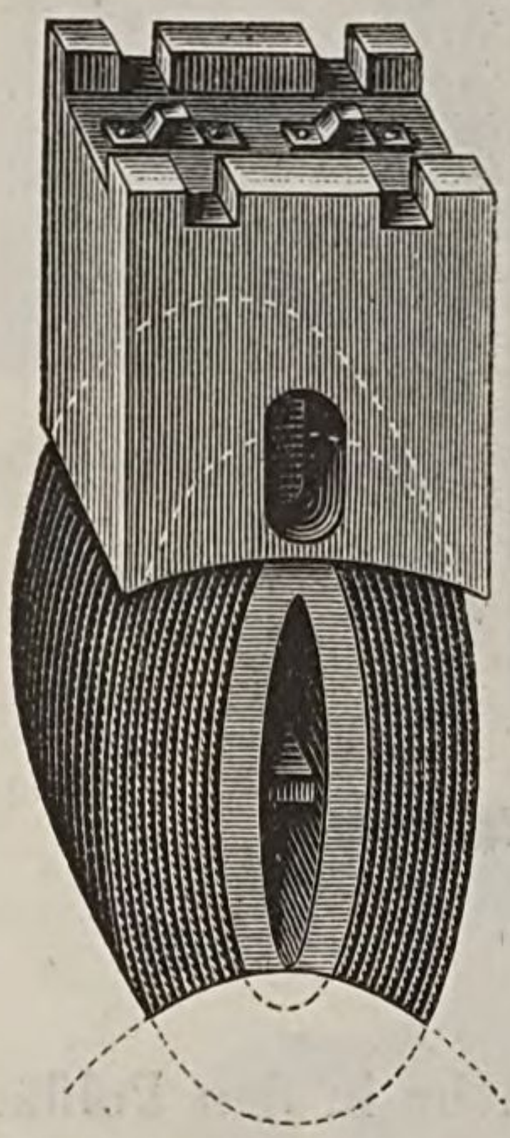


nung der den Inductor bekleidenden hölzernen Trommel eingesetzt und durch Schrauben mit gedachter Centralplatte verbunden ist. Die beiden freien Enden jeder Windungsgruppe führen durch den Holzklotz an die ausserhalb derselben befindlichen beiden Messingklemmen, an welche auch die weiteren Verbindungsdrähte an-

schliessen, die sich zunächst auf dem Umfang der Trommel bis zu dem auf der Maschine befindlichen System von 24 Klemmen fortsetzen (für jede Windungsgruppe 1 Paar Klemmen).

Die einzelne Windungsgruppe lässt sich hiernach mit Leichtigkeit aus dem Inductor entfernen resp. auswechseln, und das Klemmensystem gestattet die beliebige Verbindung der Drahtwicklung. Es lassen sich bis zu 12 Kreisen zum Betriebe mit Wechselströmen bilden, aber auch die Windungsgruppen so verbinden, dass die Ströme innerhalb der Kreise in gleicher Richtung verlaufen.

Fig. 98 a.



Während andere Constructeure besondern Werth darauf legen, dass, namentlich in Wechselstrommaschinen, die Windungsgruppen ohne Eisenkerne gebildet werden, weil sich dieselben unter der ausserordentlich schnell wechselnden Stromesrichtung übermässig erhitzen, findet Lachaussée, dass bei der Bildungsweise seines Kernes, welche überdies eine gute Ventilation gestattet, nur eine geringe Erwärmung eintritt, weshalb er auf die wesentlich kräftigere Wirkung aus dem Vorhandensein des Eisenkerns nicht verzichtet.

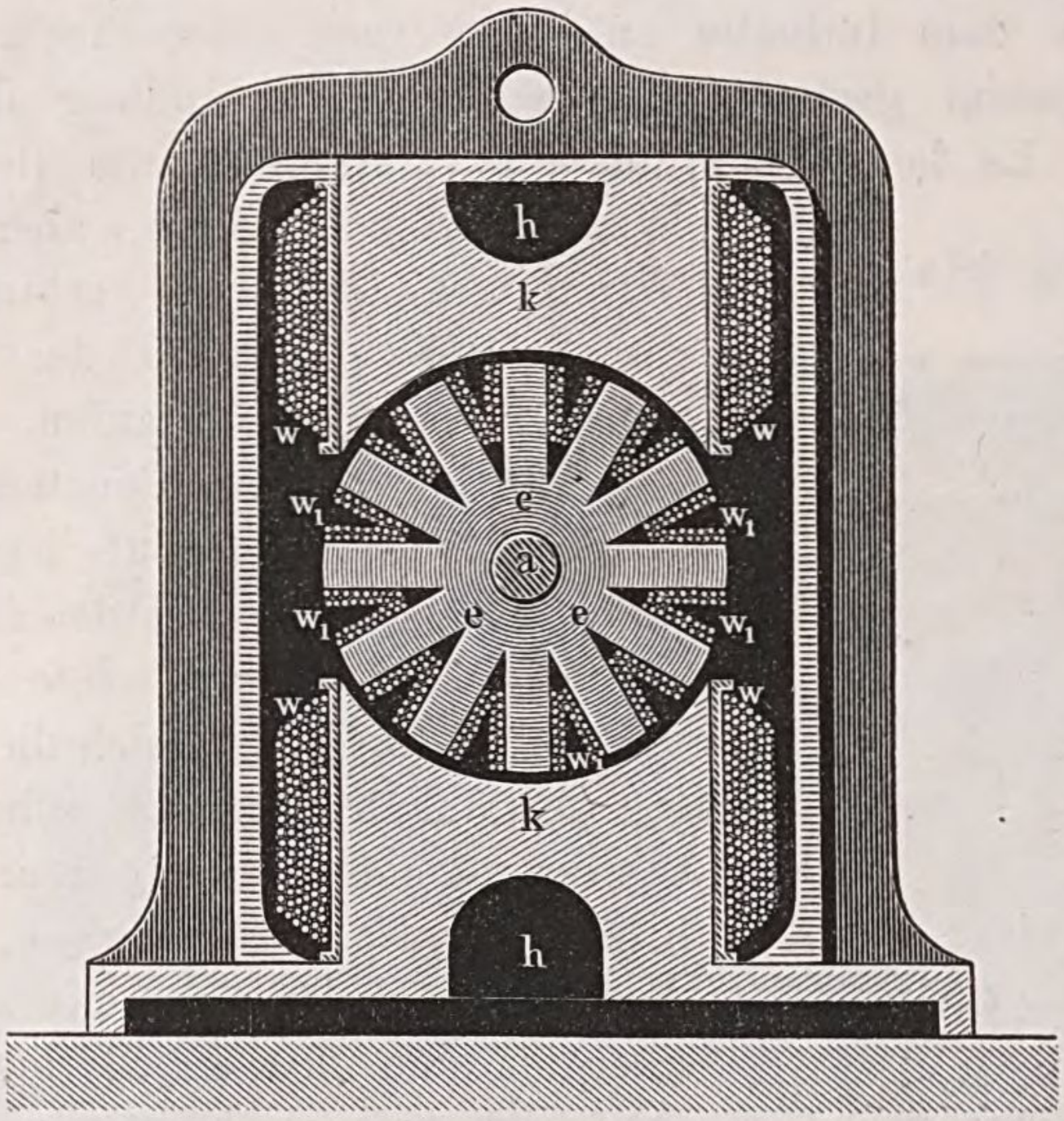
§. 42.

Dynamo-elektrische Maschine von Andrew.

Andrew's dynamo-elektrische Maschine (6-Lichtmaschine) ist ganz eigenthümlich, namentlich in der Bildung des Inductors construirt. Zwei Paar Kerne *k* aus Gusseisen, durch das Eisengestell der Maschine zur Hufeisenform verbunden, stehen in senkrechter Lage einander gegenüber (Fig. 99 a. f. S.). Die Wicklung *w*, aus 3,6 mm starkem Kupferdraht, ist auf schmiedeeisernen Hülsen angebracht, welche über die freien Kerne geschoben werden, die für die obern und untern Kernpaare zu gemeinschaftlichen

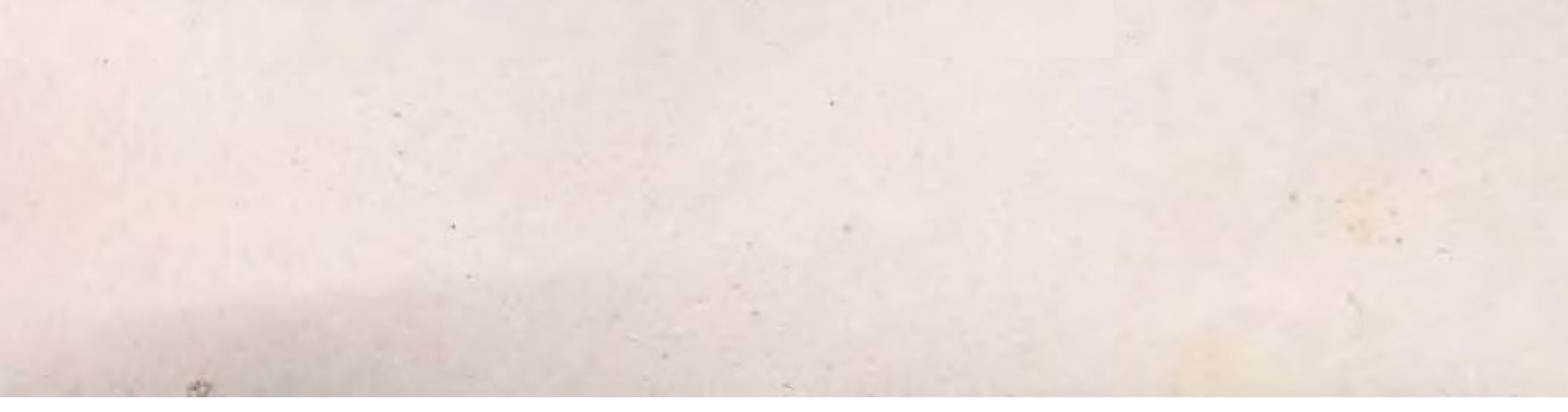
ausgerundeten Polflächen verbunden, durch den circulirenden Strom entgegengesetzte Polarität annehmen. Die Höhlung *h* der

Fig. 99.



Kerne soll dazu dienen, den Magnetismus mehr in den Polflächen zu concentriren. Innerhalb der Polflächen rotirt der cylinder-

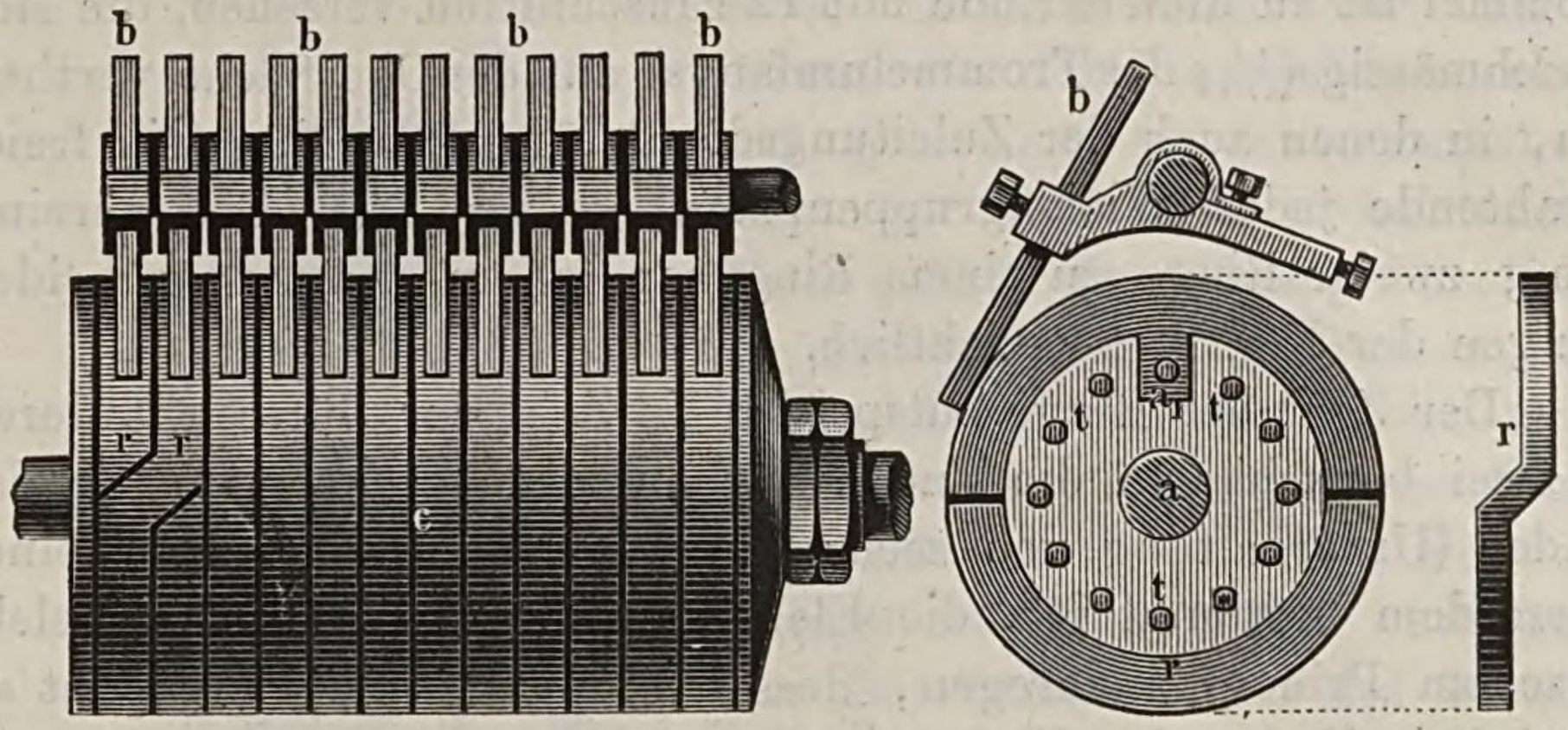
Fig. 99 a.



förmige Inductor. Der Eisencylinder desselben ist aus einer grössern Zahl von Eisensternen *e* zusammengesetzt, welche, durch präparirtes Papier von einander isolirt, so auf die Achse *a* aufgeschoben werden, dass die radialen, sternförmigen Ansätze sich

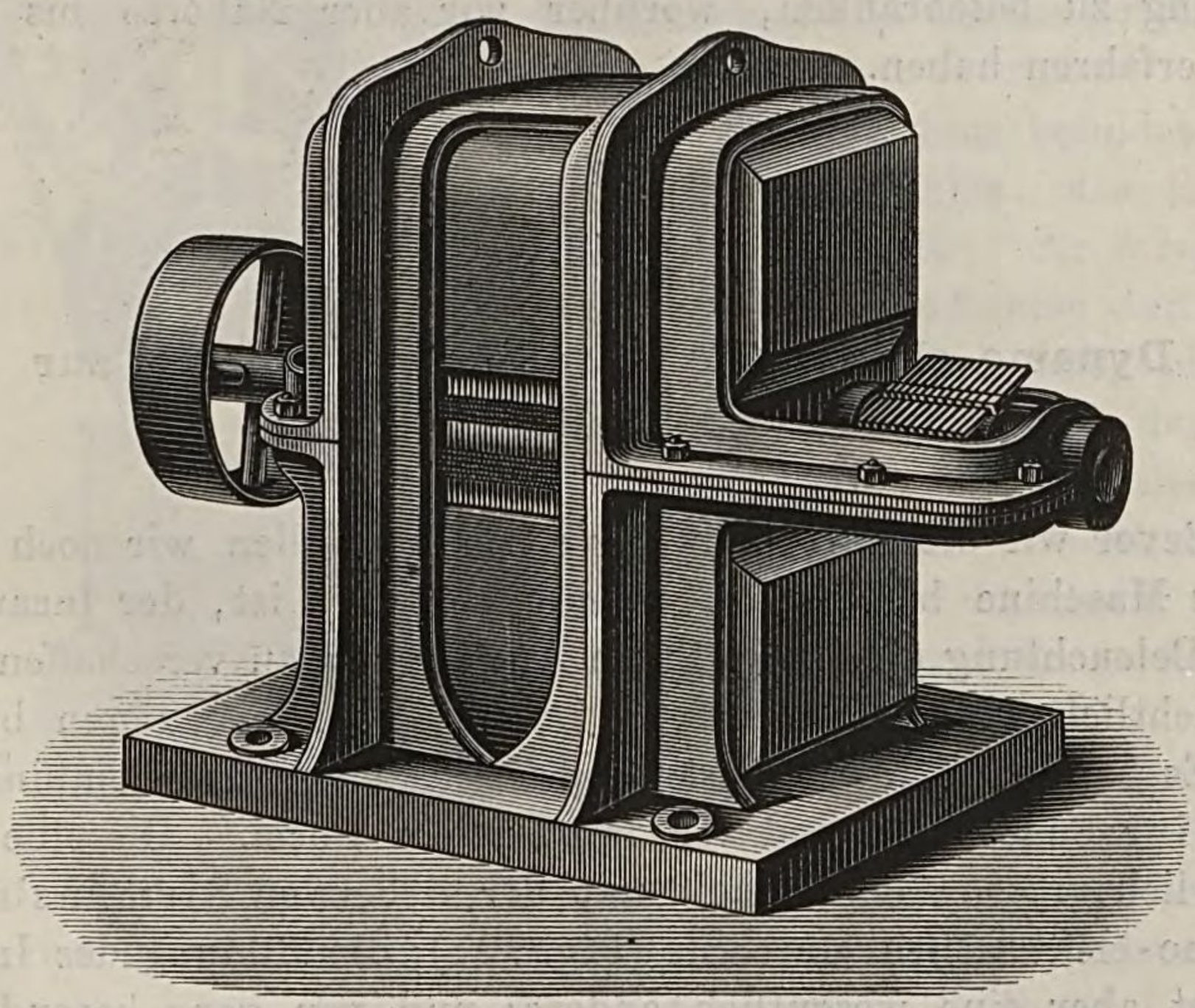
decken. Diese Ansätze werden demnächst in der ganzen Länge des Cylinders mit isolirtem Draht bewickelt, so dass im Ganzen

Fig. 99 b.



12 Wickelgruppen w_1 entstehen, von denen die diametral gegenüber liegenden zu je einem Gruppenpaar vereinigt sind, dessen

Fig. 99 c.



beide freie Enden an den Commutator führen. Fig. 99 a zeigt eine Seitenansicht des Inductors mit dem Commutator *c*. Letzterer, in Fig. 99 b besonders dargestellt, besteht aus sechs Paar

unter einander isolirten Messingringen *r* mit darauf schleifenden Bürsten *b*. Zur Aufnahme der Ringe dient eine Holztrommel *t*, in welche jeder mit besonderm Ansatz a_1 eingefügt ist. Die Holztrommel ist zu diesem Ende mit 12 Einschnitten versehen, die sich gleichmässig ($^1/_{12}$ des Trommelumfangs) auf der Oberfläche vertheilen, in denen auch der Zuleitungsdraht für jeden Ring (ein freies Drahtende jedes Wickelgruppenpaars) geführt ist. Die Vereinigung zweier Ringe zu einem Ringpaar ist an den ersten beiden Ringen der Fig. 99 b ersichtlich.

Der Zahl der Ringe entspricht die Zahl der Bürsten *b*, deren je zwei benachbarte die Enden der äussern sechs Leitungskreise bilden (Unterhaltung von sechs Lichtern), von denen aber einer ausserdem bestimmt ist, die Elektromagnete nach dynamo-elektrischem Princip anzuregen, dessen Bürsten somit zunächst an zwei freie Enden der Elektromagnetwicklung anschliessen.

In Fig. 99 c (a. v. S.) liefern wir eine Hauptansicht der Andrew'schen Maschine, welche darauf abzielt, die Construction der dynamo-elektrischen Maschinen zu vereinfachen ohne deren Leistung zu beschränken, worüber wir aber Näheres bis jetzt nicht erfahren haben.

§. 43.

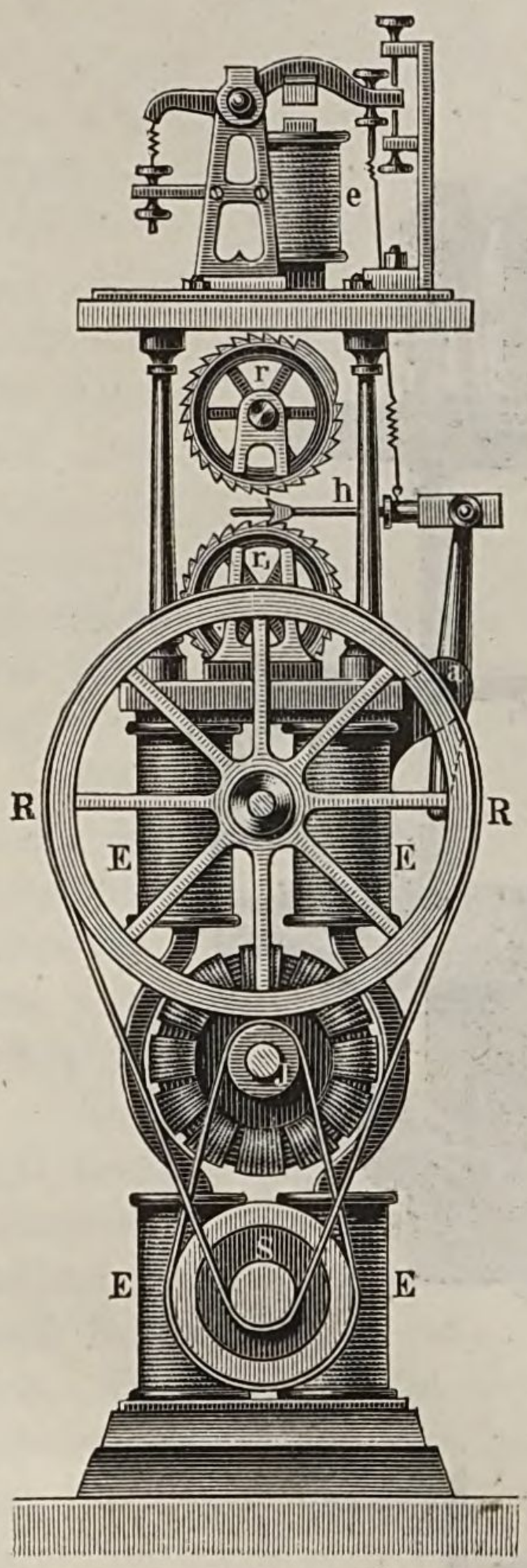
Dynamo-elektrische Maschine von Maxim zur Incandescenz-Beleuchtung.

Bevor wir diese Abtheilung verlassen, wollen wir noch Maxim's Maschine betrachten, welche bestimmt ist, der Incandescenz-Beleuchtung (§. 13) grössere Anwendung zu verschaffen und rücksichtlich dieser Bestimmung interessante Neuerungen bietet.

Es handelt sich bei dieser Construction um eine Combination der Siemens'schen und Gramme'schen Form. Dieselbe hat äusserlich grosse Aehnlichkeit mit der stehenden Siemens'schen dynamo-elektrischen Maschine (Fig. 70 c); die Bildung des Inductors ist aber eine wesentlich andere; und von ganz besonderem Interesse ist ein von Maxim zugefügter Apparat, welcher die Stromstärken automatisch regulirt und Maschine wie Lampen gegen zu starke Ströme schützt.

In Fig. 100 präsentiren wir die Maschine Maxim in der Seitenansicht; *EE* sind die beiden, der Siemens'schen Construction ganz gleichen Elektromagnete, deren Eisenkerne in der Mitte, ebenso wie dort, ausgebogen sind und polarisirt werden, zwischen denen der Inductor *J* in bekannter Weise rotirt. Zur Bildung desselben ist aus weichen Eisendrähten ein hohler Cylinder hergestellt, welcher wie der Gramme'sche Ring (Fig. 62 e) mit isolirten Kupferdrähten in Abtheilungen bewickelt ist. Der innere Raum des sonach nur verlängerten Gramme'schen Ringes ist im Holzfutter mit der Drehungsachse verbunden, welche den Commutator und die Riemenscheibe in bekannter Anordnung führt.

Fig. 100.

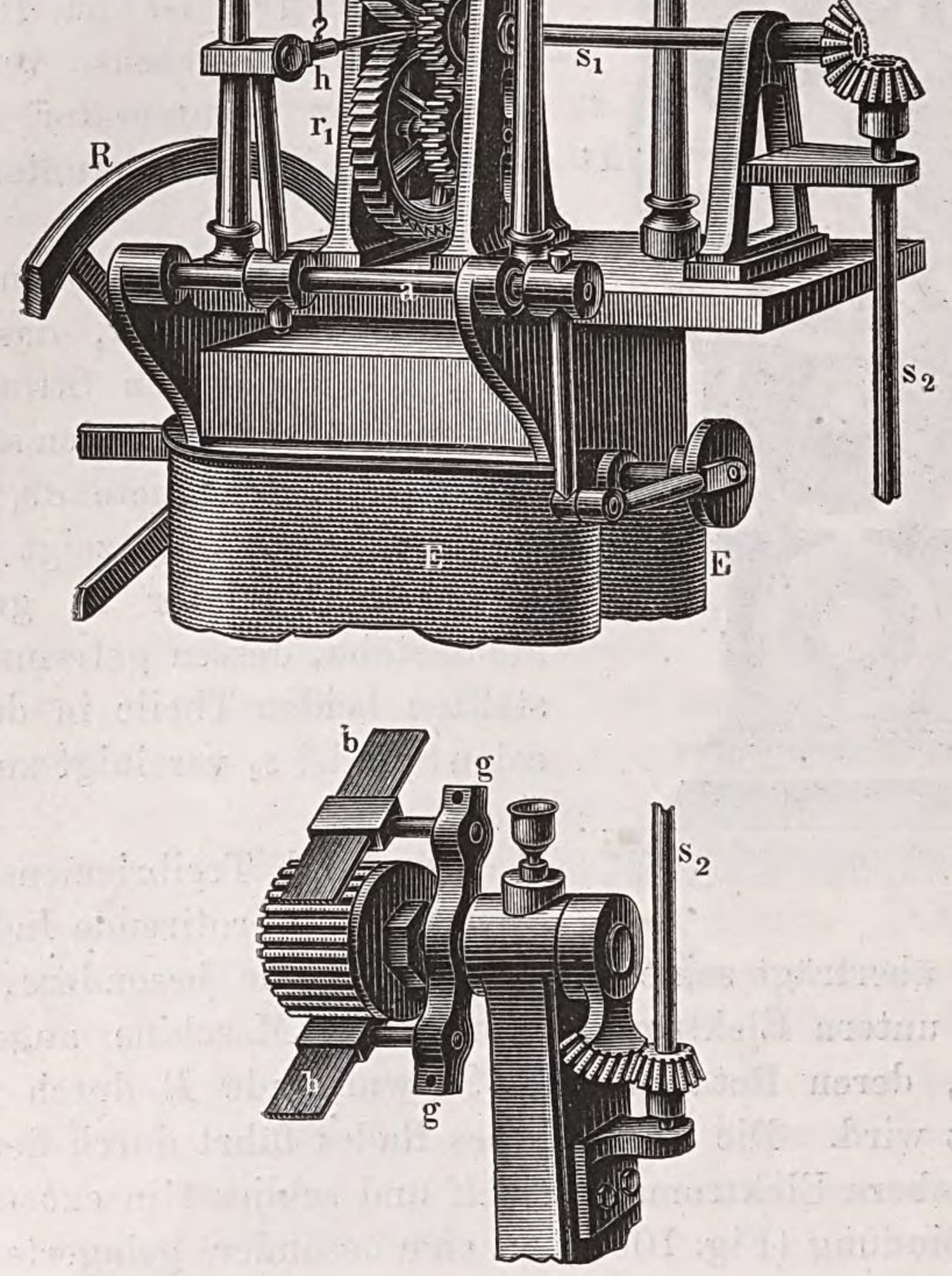


Auf der Maschine befindet sich, zwischen vier Säulen, das Räderwerk des besondern Stromregulators, und über den Säulen sind zwei kleine Elektromagnete $e\,e_1$ placirt. Fig. 100 a (a. f. S.) zeigt den gesammten Regulator in grösserem Maassstabe, dessen getrennt dargestellten beiden Theile in der verticalen Spindel s_2 vereinigt zu denken sind.

Der durch Treibriemen mittelst Riemenscheibe rotirende Inductor *J* (Fig. 100) überträgt seine Bewegung auf eine besondere, in der Höhe des untern Elektromagneten *E* der Maschine angebrachte Scheibe *S*, deren Rotation dem Schwungrade *R* durch Laufseil mitgetheilt wird. Die Achse dieses Rades führt durch den freien Raum des obern Elektromagneten *E* und schliesst in excentrischer Kurbelverbindung (Fig. 100 a) an eine besonders gelagerte Achse *a*

an, welche der mit zwei Zähnen versehenen Stange h (Fig. 100) hin- und hergehende Bewegung zwischen den übereinander gestellten Zahnrädern r und r_1 ertheilt. Diese Stange ist durch eine

Fig. 100 a.



Spiralfeder mit dem Ankerhebel des regulirenden kleinen Elektromagneten *e* verbunden. Der Ankerhebel wird für den normalen Strom der Maschine resp. des Lichtkreises so gespannt, dass Stange *h* zwischen den beiden Rädern *r* und r_1 frei läuft; sobald sich aber der Strom verstärkt, wird der Ankerhebel vom Elektromagnet *e* stärker angezogen, wobei sich die Stange senkt und deren unterer Zahn in die Zahnreihe des Rades r_1 einfällt; während unter der Stromschwächung Ankerhebel und damit Stange *h* gehoben wird, so dass der obere Zahn derselben in die Zahnreihe des Rades *r* eintritt. Die Bewegung der Stange *h* überträgt sich in beiden Fällen auf das Räderwerk und dreht die horizontale Spindel s_1 etwas nach der einen oder andern Richtung. Diese Drehung theilt sich der verticalen Spindel s_2 mit, welche in gleichem Maasse drehend auf die Commutatorbürsten *b b* wirkt, die zu diesem Zwecke durch das Gestell *g* mit der Spindel s_2 unter conischem Zahnradeingriff verbunden sind.

Sind die Bürsten für den Normalstrom zwischen der neutralen Linie des magnetischen Feldes und den Punkten der Maximalstromstärke eingestellt, so muss bei ihrer Verschiebung innerhalb dieser Grenzen der Betriebsstrom verstärkt oder geschwächt werden, je nachdem die Drehung in der einen oder andern Richtung erfolgt.

Der zweite kleine Elektromagnet e_1 hat die Aufgabe, Maschine und Lampen gegen Beschädigungen durch zu starke Ströme zu schützen, welche durch plötzliche bedeutende Widerstandsverminderung zu fürchten wären. Seine Wirksamkeit wird aber erst nach Betrachtung des Beleuchtungssystems von Maxim verständlich. Derselbe benutzt nämlich seine dynamo-elektrische Maschine (Fig. 100), um die Elektromagnete einer grössern, ganz ähnlich, aber ohne Regulirvorrichtung gebauten Maschine anzuregen, in derselben Weise, wie solches für die Wechselstrommaschinen (Fig. 70 c) geschieht. Diese grössere Maschine unterscheidet sich äusserlich fast gar nicht von der stehenden Siemens'schen dynamoelektrischen Maschine, nur führt die Inductorachse auf jeder Seite einen Commutator und auf der Maschine befindet sich ein einfacher Umschalter, welcher verschiedene Schaltungen der Wicklung des 0,38 m langen Inductors von 0,30 m Durchmesser zulässt. Dieselbe besteht aus 16 Abtheilungen à 4 Drähten, deren

Enden gleichmässig auf 64 Schienen beider Commutatoren vertheilt sind, aus denen an vier Paar Contactbürsten vier getrennte Lichtkreise anschliessen. Maxim's Bemühungen laufen vorzugsweise darauf hinaus, in diesen vier Kreisen eine möglichst grosse Zahl von Incandescenz-Lampen seiner Construction zu unterhalten und zwar in weitester Anwendung für den häuslichen Bedarf ganzer Stadttheile wie für die Strassenbeleuchtung. Diese Lampen (2. Abthl. sub d) sind so eingerichtet, dass dieselben durch einfache Drehung eines daran befindlichen kleinen Hahnes, ähnlich den Gashähnen, mit ihrem Widerstande aus dem Lichtkreise beliebig ausgeschlossen werden können um das Licht zu löschen, und da die Flammen in verschiedenen Räumen, bei weiter Verzweigung, benutzt werden sollen, so wird es stets vorkommen, dass die Zahl der Flammen mehr oder minder erheblich, jedenfalls in nicht zu übersehendem Umfange variirt. Dass aber ein derartiges unbestimmtes Verhältniss besondere Arrangements verlangt, leuchtet ohne Weiteres ein, und damit erklärt sich auch das Bedürfniss für die automatische Regulirung des Betriebsstromes und für die Anbringung einer Sicherheitsvorrichtung gegen solche Vorkommnisse, welche die Apparate und die eingeschalteten Lampen in Gefahr bringen könnten.

Während also die dynamo-elektrische Maschine (Fig. 100) nur mit den Elektromagneten der grössern Maschine verbunden ist, verzweigen aus dem Inductor der letztern die Lichtkreise, welche an je zwei zugehörende Contactbürsten des Commutators anschliessen. Dieselben Bürsten sind aber auch in einem besondern kurzen Kreise verbunden, welcher die Windungen des regulirenden Elektromagneten e mit grossem Widerstande und ebenso den zweiten Elektromagneten e_1 mit geringem Widerstande aufnimmt. In diesem kurzen Kreise circulirt, nach Maassgabe des Verhältnisses seines Gesammtwiderstandes zum kleinern Widerstande des Lichtkreises, nur ein geringer Theil des Betriebsstromes (S. 91). Der Zweigstrom verstärkt sich aber mit der Vergrösserung des Widerstandes im Lichtkreise (Einschaltung mehrerer Lampen), während die Verminderung desselben, durch Ausschaltung von Lampen, den Zweigstrom schwächt; und durch diese Veränderungen wird das für einen Normalstrom hergestellte Gleichgewicht in der Stellung der Ankerhebel beider Elektromagnete e und e_1 nach der einen oder andern Seite aufgehoben, so

dass innerhalb gewisser Grenzen durch die damit hervorgerufene Bewegung die gesuchte Regulirung erfolgen kann. Wie dieselbe für den Elektromagnet e verläuft, haben wir bereits erkannt. Der Elektromagnet e_1 bedarf zur Bewegung seines Ankerhebels, wegen der geringen Zahl seiner Windungen, eines weit stärkern Stromes, der erst dann eintritt, wenn etwa ein ganzer Lichtkreis in Folge Drahtrisses unterbrochen wird, oder wenn der grösste Theil der Lampen zufällig plötzlich erlischt u. s. w.

Der Ankerhebel des Elektromagneten e_1 ist nun so eingestellt, dass er im regelmässigen Betriebe einen Theil des Stromkreises bildet, welcher die dynamo-elektrische Maschine (Fig. 100) mit den Elektromagnetwindungen der grossen Lichtmaschine verbindet, während der durch plötzliche Stromverstärkung bewirkte Ankeranzug diese Verbindung aufhebt, so dass damit der Strom der dynamo-elektrischen Maschine unterbrochen wird, also auch die Wirkung der grossen Maschine aufhört, das Licht in sämmtlichen eingeschalteten Lampen zwar momentan verlischt, der erforderliche Schutz gegen Zerstörung durch den bedeutend verstärkten Strom aber gegeben ist.

Die Einrichtung soll sich bereits in der Praxis bewährt haben; ob dieselbe aber in der von Maxim beabsichtigten grossen Ausdehnung der Incandescenz-Beleuchtung die erforderliche Sicherheit bietet, darf zunächst bezweifelt werden; jedenfalls bietet die Einrichtung ein besonderes Interesse, und sofern dieselbe einem wirklichen Bedürfnisse zu entsprechen bestimmt sein resp. in der weitern Entwicklung der elektrischen Beleuchtung gesucht werden sollte, würde die Vervollkommnung nicht ausbleiben, worüber §. 96 Auskunft giebt.

Zweite Abtheilung.

Elektrische Lampen und Kerzen.

---

a. Lampen für continuirlichen Strom.

§. 44.

Elektrische Lampe von Foucault-Duboscq.

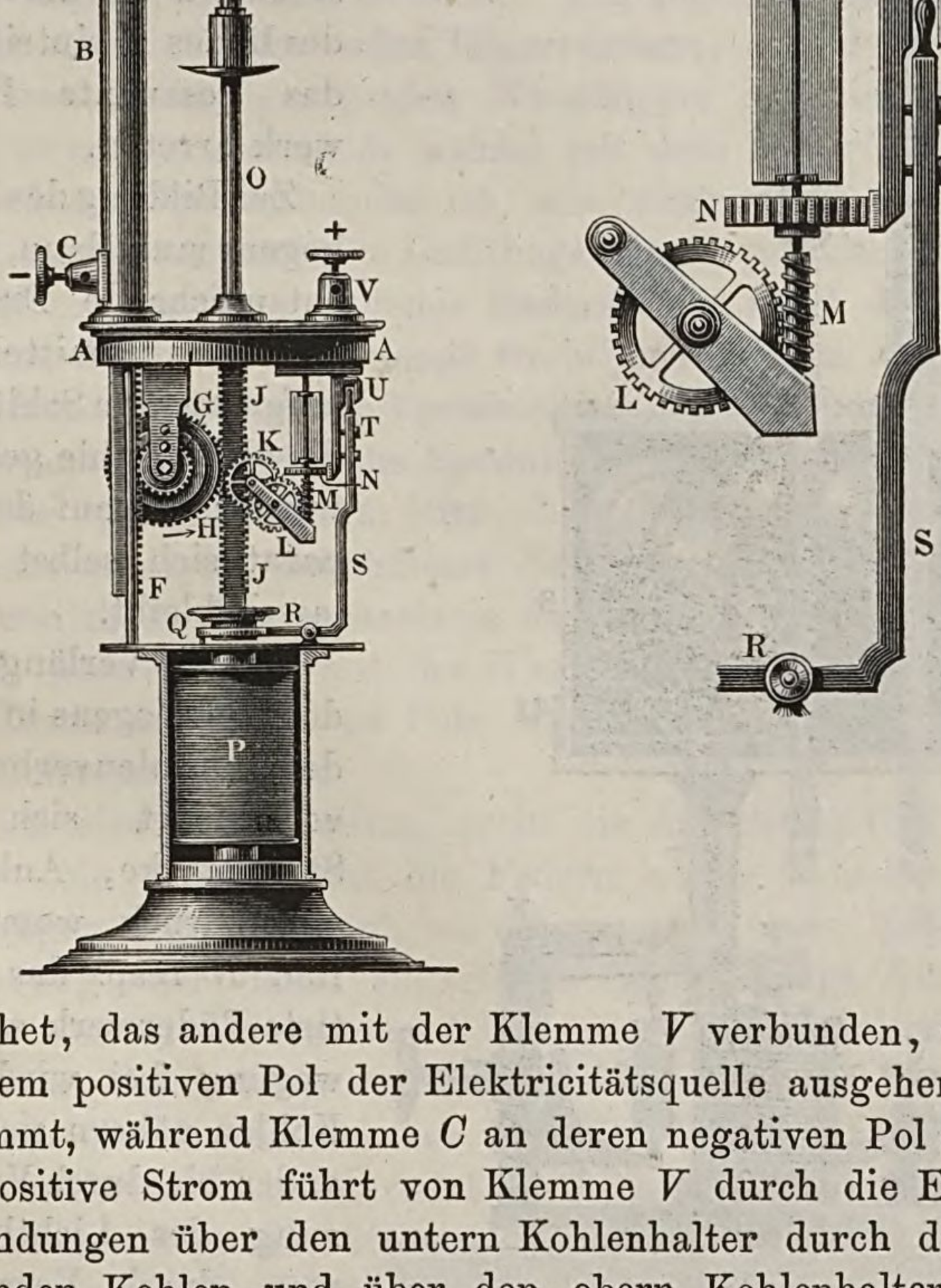
Von ältern Lampenconstructionen präsentiren wir zunächst die von Foucault-Duboscq in der Fig. 101.

Der cylinderische Messingdeckel *A* trägt das Metallrohr *B* mit dem darin verschiebbaren Metallcylinder *D*, welcher unten in einer Zahnstange *F* endet und oben mittelst Querarms *E* den im Kugelgelenk verstellbaren Kohlenhalter aufnimmt. Der untere Kohlenhalter *O* ist mit der Zahnstange *J* verbunden, deren Ansatz in den hohlen Kern des Elektromagneten *P* hineinragt. Den Anker dieses Elektromagneten bildet ein Eisenring *Q* in fester Verbindung mit dem Winkelhebel *R S T*, dessen oberes Ende im Einschnitt eines am Deckel *A* drehbar befestigten Metallstücks *U* liegt, welches mittelst Schneide in die Zähne eines horizontalen Rades *N* eingreifen kann. Die Achse dieses Rades nimmt oben den Windfang, unten die endlose Schraube *M* auf. In dieselbe greift das Rad *L*, welches durch einen Trieb mit dem Rade *K* in Verbindung steht, dessen Trieb durch die Zahnstange *J* gedreht werden kann.

Die Zahnstange *F* greift in das Rad *G*, auf dessen hohle Achse das Rad *H* mit starker Reibung aufgeschoben ist. Dem Verhältniss des Verbrauchs der positiven und negativen Kohle entsprechend, ist der Umfang des Rades *H* doppelt so gross als der des Rades *G*. Auf das Rad *H* ist ein Federgehäuse gesetzt, dessen Feder dasselbe in der Richtung des Pfeiles zu drehen strebt und durch einen auf die Radachse aufgesteckten Schlüssel

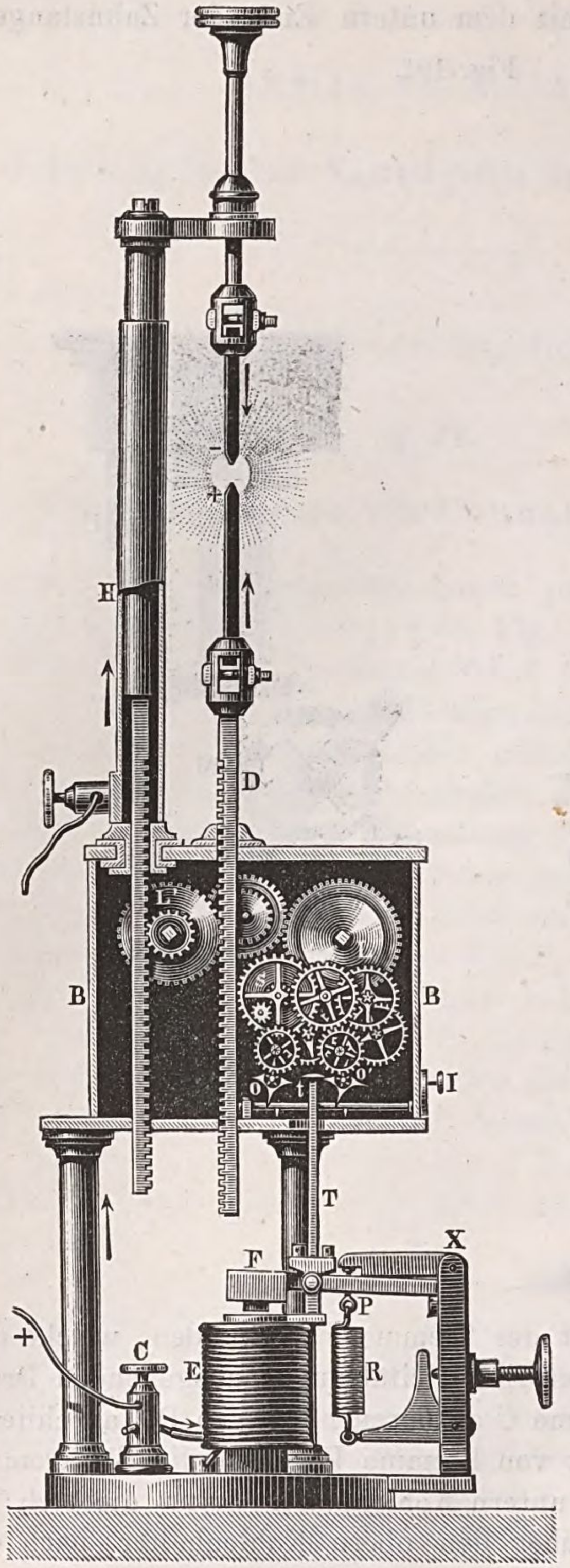
aufgezogen werden kann. Das eine freie Ende der Wicklung des Elektromagneten *P* ist mit dem untern Ende der Zahnstange *J*

Fig. 101.



verlöthet, das andere mit der Klemme *V* verbunden, welche den von dem positiven Pol der Elektricitätsquelle ausgehenden Draht aufnimmt, während Klemme *C* an deren negativen Pol anschliesst. Der positive Strom führt von Klemme *V* durch die Elektromagnetwindungen über den untern Kohlenhalter durch die sich berührenden Kohlen und über den obern Kohlenhalter nach der

Fig. 101 a.



Klemme *C*. Die Kohlen treten bei stromfreier Leitung in Berührung, sobald die aufgezogene Feder die Räder *G* und *H* bewegt, von denen *H* den untern Kohlenhalter hebt, *G* den obern senkt.

Der circulirende Strom bringt den Anker *Q* des Elektromagneten zum Anzug, womit die Schneide des Metallstücks *U* in die Zähne des Rades *N* eintritt und das gesammte Räderwerk arretirt.

Zur Bildung des Lichtbogens muss dann, durch entsprechende Drehung des Rades *G*, mittelst des aufgesteckten Schlüssels, die obere Kohle gehoben werden, worauf der Apparat sich selbst überlassen bleibt.

Durch Verlängerung des Lichtbogens in Folge des Kohlenverbrauchs vermindert sich die Stromstärke, Anker *Q* geht zurück, womit das Rad *N* resp. das arretirte Räderwerk zur Bewegung frei wird; die Kohlen nähern sich einander bis durch Verkürzung des Lichtbogens resp. durch Verminde-

rung des Widerstandes im Stromkreise, der Anker *Q*, vom Elektromagneten wieder angezogen, die Bewegung aufhebt. Das Spiel wiederholt sich nach Maassgabe des Kohlenverbrauchs; bei zufälligem Verlöschen des Lichts muss aber der Lichtbogen wieder in gedachter Weise mittelst der Hand hergestellt werden.

Soll der positive Strom durch die obere Kohle eintreten, so müssen die Räder *G* und *H* ihre Plätze wechseln.

Zu physikalischen Zwecken ist diese Lampe sehr gut verwendbar, zur praktischen Beleuchtung aber nicht geeignet.

In einer verbesserten Construction (Fig. 101 a) ist auch der selbstthätigen Wiederherstellung des Lichtbogens beim Verlöschen desselben Rechnung getragen. Im Triebwerke befinden sich hier zwei Federgehäuse *L* und L^1 und zwei Rädersysteme, welche in den Windfängen *o* und o^1 enden. Ein sogenanntes Satellitenrad *s* hemmt das eine der beiden Rädersysteme, sobald es das andere frei lässt. Zwischen beiden Windfängen $o\,o^1$ befindet sich die Arretirungsvorrichtung *t*, welche mit dem Anker *F* des Elektromagneten *E* fest verbunden ist, also dessen Bewegung folgt und dabei, zur Regulirung der Lichtbogenlänge, wechselnd in *o* und o^1 eingreift. Das in *o* endende Rädersystem führt die Kohlen zusammen, das in o^1 auslaufende treibt dieselben aus einander. Eine Spiralfeder *R* wirkt durch Vermittelung des um *x* drehbaren Armes auf besonders empfindliche Spannung des Ankers *F*.

Der positive Strom tritt über Klemme *C* in die Elektromagnetwindungen, durchfliesst dieselben und führt dann durch die Metalltheile des Apparats in die Zahnstange *D* resp. die untere Kohle, während der mit der Klemme des Metallrohrs *H* verbundene Draht des negativen Pols mit der obern Kohle in leitendem Zusammenhange steht.

Bei stromloser Leitung greift die Arretirung *t* in den Windfang o^1 ein. Sind nun die Federn beider Gehäuse *L* und L^1 aufgezogen und ausgelöst, so nähern sich beide Kohlen bis zur Berührung; der damit eintretende Strom bringt Anker *F* zum Anzug und die Arretirung *t* verlegt sich nach *o*, während das mit o^1 in Verbindung stehende Rädersystem zur Bewegung frei wird, welche die Kohlen zur Bildung des Lichtbogens von einander entfernt. Ueberschreitet der Lichtbogen die normale Länge, so geht in Folge der Stromschwächung Anker *F* zurück, *t* tritt wieder aus *o* und arretirt o^1 u. s. f., so dass unter dem dauernden

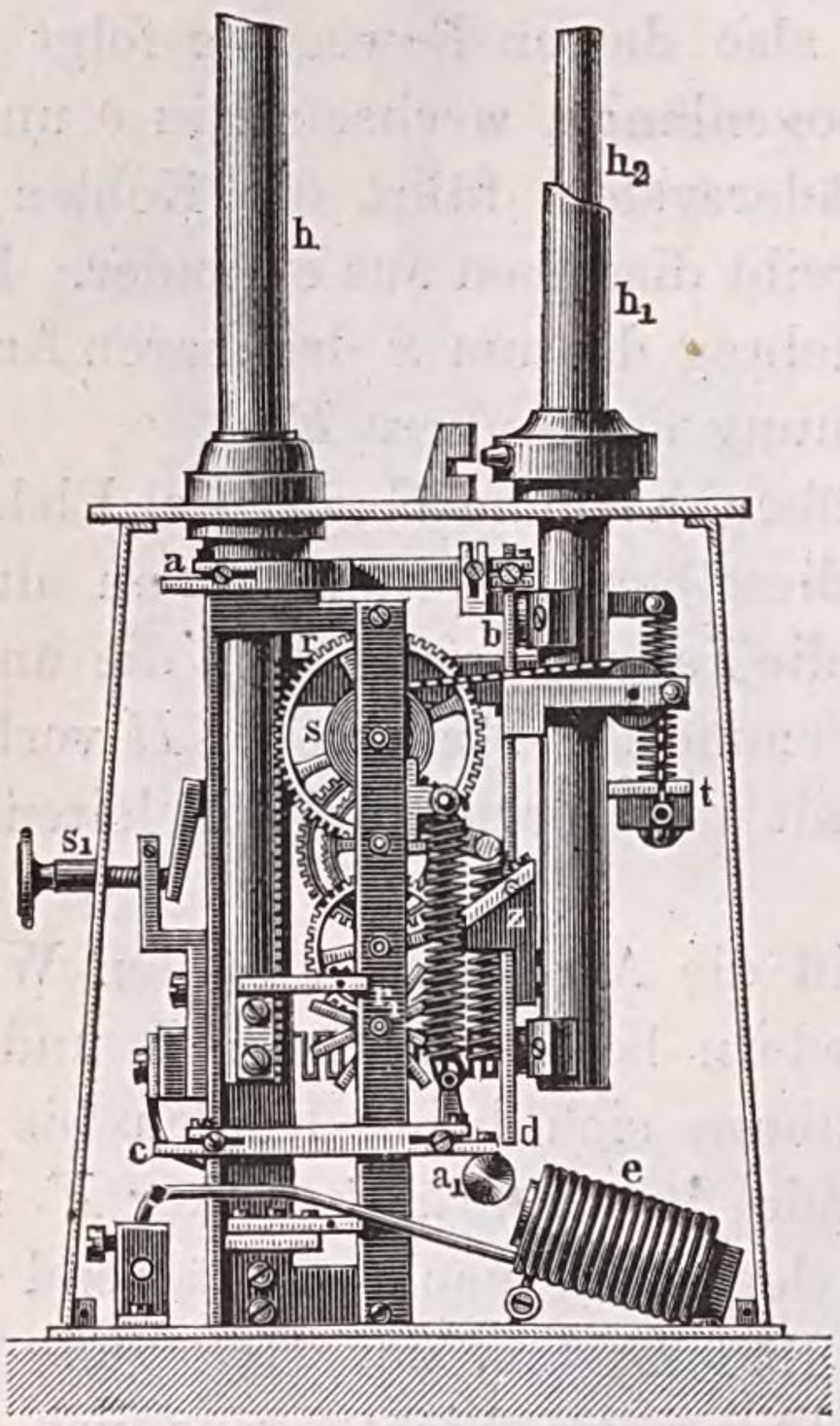
Hin- und Hergehen des Arretirungshebels T die normale Lichtbogenlänge erhalten bleibt, wenn der Apparat gut regulirt ist. Derselbe ist recht sinnreich construirt, aber auch complicirt und deshalb Beschädigungen leicht ausgesetzt. Dass derselbe für den speciellen Gebrauch aufgezogen und ausgelöst resp. besonders eingestellt werden muss, beschränkt seine praktische Verwendung, während seine Leistung befriedigt.

§. 45.

Elektrische Lampe von Serrin-Lontin.

Der Serrin'sche Regulator (Fig. 102) ist noch complicirter. Die Kohlen stehen wie bei Foucault-Duboscq über einander und in ähnlicher Anordnung.

Fig. 102.



In unserm Bilde ist die Stellung der beiden Kohlenhalter $h\,h_1$, links der obern (positiven), rechts h_1 der untern (negativen) Kohle nur angedeutet; ersterer h wirkt durch seine Schwere auf Bewegung des grossen Rades r, welches in die Zahnstange des Kohlenhalters h eingreift, letzterer h_1 ist hohl, zur Aufnahme des in demselben verschiebbaren besondern Halters h_2 der untern Kohle. Auf der Achse des Rades r befindet sich eine Scheibe s mit daran befestigter Gliederkette, deren anderes Ende an den Träger t des untern Kohlenhalters h_2 anschliesst.

Durch den Druck des obern Kohlenhalters auf das Rad r wickelt sich die Kette auf und hebt die untere Kohle, während sich die obere Kohle senkt. Die Durchmesser des Rades und der

Kettenscheibe sind so gewählt, dass sich beide Kohlen dem Verbrauch entsprechend verschieben.

Die Räderübersetzung endet in dem untern Speichenrade r_1 des Windfangs. Der Gang des Laufwerks regulirt sich durch den Elektromagnet e und dem beweglichen doppelten Parallelogramm $a\,b\,c\,d$ mit daran befestigtem Elektromagnetanker a_1. a und c sind festliegende, gelenkartig gefasste Punkte; die Schiene $b\,d$ verbindet das Parallelogramm $a\,b\,c\,d$, welches durch zwei Spiralfedern im Gleichgewicht erhalten wird, durch Vermittlung eines an den Träger t anschliessenden Querarms mit der untern Kohle und trägt einen Sperrzahn z, der in das untere Speichenrad r_1 eingreifen kann, um das Laufwerk zu arretiren. Eine dieser beiden Spiralfedern kann durch Schraube s_1 für beliebige Empfindlichkeit der Regulirungsvorrichtung gespannt und damit das Parallelogramm $a\,b\,c\,d$ soweit gehoben werden, dass der Zahn z ausser Eingriff kommt. In diesem Falle setzt sich das Laufwerk in Bewegung; beide Kohlen treten in Berührung; in Folge des dadurch ausgeübten Drucks auf die untere Kohle senkt sich aber das Parallelogramm etwas und der damit verbundene Zahn z arretirt das Werk.

Der positive Strom tritt an den Körper der Lampe, führt durch den linken Kohlenhalter h, beide Kohlen und von der isolirten untern Kohle, in entsprechender Drahtverbindung, durch die Windungen des Elektromagneten e nach dem negativen Pol der Elektricitätsquelle. Der circulirende Strom bewirkt den Anzug des Ankers a_1, womit sich das Parallelogramm $a\,b\,c\,d$ und die untere Kohle zur Bildung des Lichtbogens senkt, während das Laufwerk arretirt bleibt.

Durch den Kohlenverbrauch resp. durch die Verlängerung des Lichtbogens vermindert sich die anziehende Wirkung des Elektromagneten, die Spiralfedern wirken hebend auf das Parallelogramm und die untere Kohle, bis der Zahn z aus dem Speichenrade zurückgetreten und das Laufwerk zur Bewegung freigegeben, womit sich beide Kohlen einander näheren.

Sobald die anziehende Kraft des Elektromagneten, durch Verminderung des Widerstandes im Lichtbogen, wieder überwiegt, wird auch das Laufwerk wieder arretirt.

So setzt sich das Spiel fort, und, wie leicht einzusehen, bil-

det sich auch das zufällig verlöschende Licht in selbstthätiger Wirkung des Apparats.

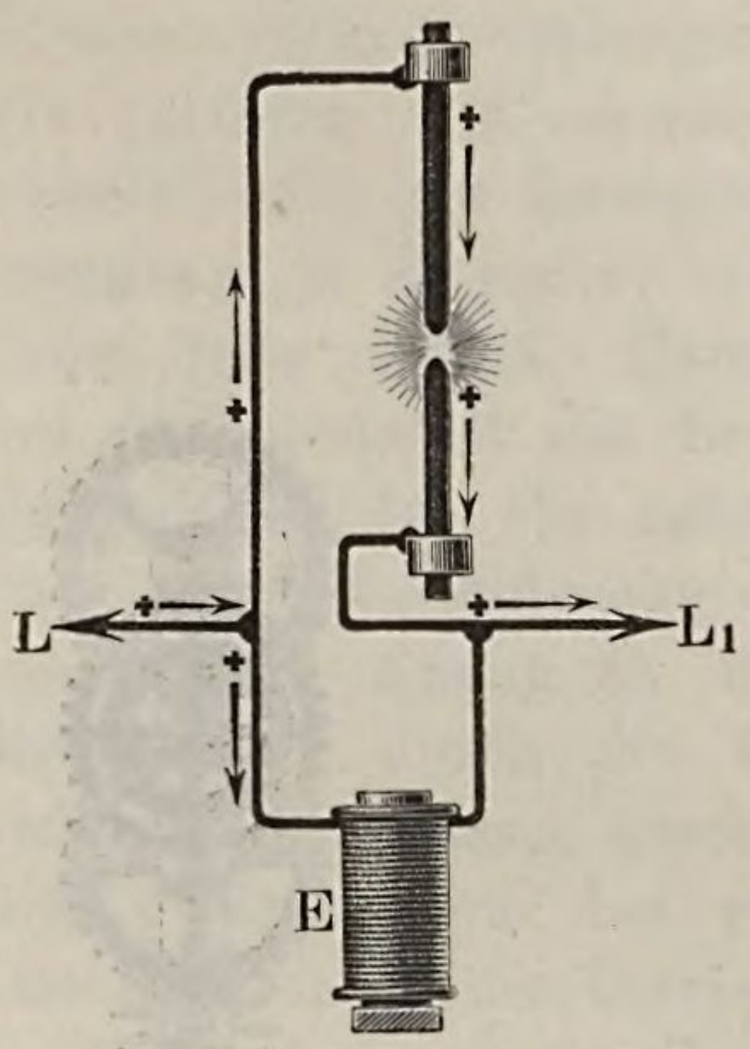
Beide Lampen, Foucault-Duboscq und Serrin haben die grösste Verbreitung, letztere, welche den meisten praktischen Anforderungen entspricht, auch die ausgedehnteste Anwendung in der Industrie gefunden; dennoch wird man gewissen einfachern Constructionen der neuern Zeit den Vorzug einräumen müssen. Wir haben geglaubt diese beiden ältern Formen, wegen ihres günstigen Erfolgs, an dieser Stelle mit behandeln zu müssen, zumal dieselben den Ausgangspunkt für viele der neuen Constructionen bilden, obgleich nicht zu verkennen ist, dass die eingehendere Betrachtung ihrer complicirten Verhältnisse manchen Leser, wenigstens beim Eintritt in diese Abtheilung, zurückschrecken kann. In dieser Erwägung haben wir uns auch nur auf die nothwendigsten Mittheilungen darüber beschränkt.

Im Uebrigen ist die Serrin'sche Lampe für die erweiterte praktische Verwendung durch Lontin wesentlich verbessert. Während bei Serrin die Bewegung des Laufwerks gehemmt wird, wenn durch Annäherung der Kohlenspitzen der elektrische Strom so verstärkt ist, dass derselbe den Anker des Elektromagnets anzuziehen vermag, bleibt in der Verbesserung durch Lontin das Gangwerk so lange arretirt, bis der Lichtbogen durch den Kohlenverbrauch eine gewisse Länge, also einen gewissen grossen Widerstand erlangt hat, bei welchem durch Stromtheilung (Fig. 102 a) der Anzug des Elektromagnetankers und damit die Auslösung zur Bewegung der Kohlen erfolgt.

Der Elektromagnet E hat einen grossen Widerstand in seiner Drahtwicklung. Der positive Strom theilt sich beim Eintritt aus der Leitung L in die Lampe; er führt einerseits durch die Kohlen resp. das brennende Licht, andererseits durch die Elektromagnetwindungen nach Leitung L_1 resp. den zweiten Pol der Elektricitätsquelle. Der Widerstand beider Zweige ist verschieden, und dementsprechend auch die im umgekehrten Verhältniss der Widerstände stehende Stromstärke in denselben. So lange der Lichtbogen die normale Länge hat, ist der Zweigstrom durch E so schwach, dass er den Anker nicht zu bewegen vermag. Mit der Zunahme des Widerstandes im Lichtbogen verstärkt sich aber dieser Zweigstrom in dem Maasse, dass

der Anker des Elektromagneten zum Anzug kommt, womit das Gangwerk ausgelöst wird, die Kohlen sich einander nähern können, während der dadurch verminderte Widerstand des Lichtbogens dem Elektromagneten die zum Ankeranzug erforderliche Stärke wieder entzieht.

Fig. 102 a.



Durch ein solches Arrangement wird es möglich mehrere Lampen in demselben Stromkreise zu benutzen, was überall da nicht wohl zulässig ist, wo der Strom den Lichtbogen und die Regulirungsvorrichtung in gleicher Stärke resp. in derselben Leitung durchfliesst, wie bei Foucault-Duboscq und Serrin (siehe darüber den letzten §. 73 dieser Abtheilung).

§. 46.

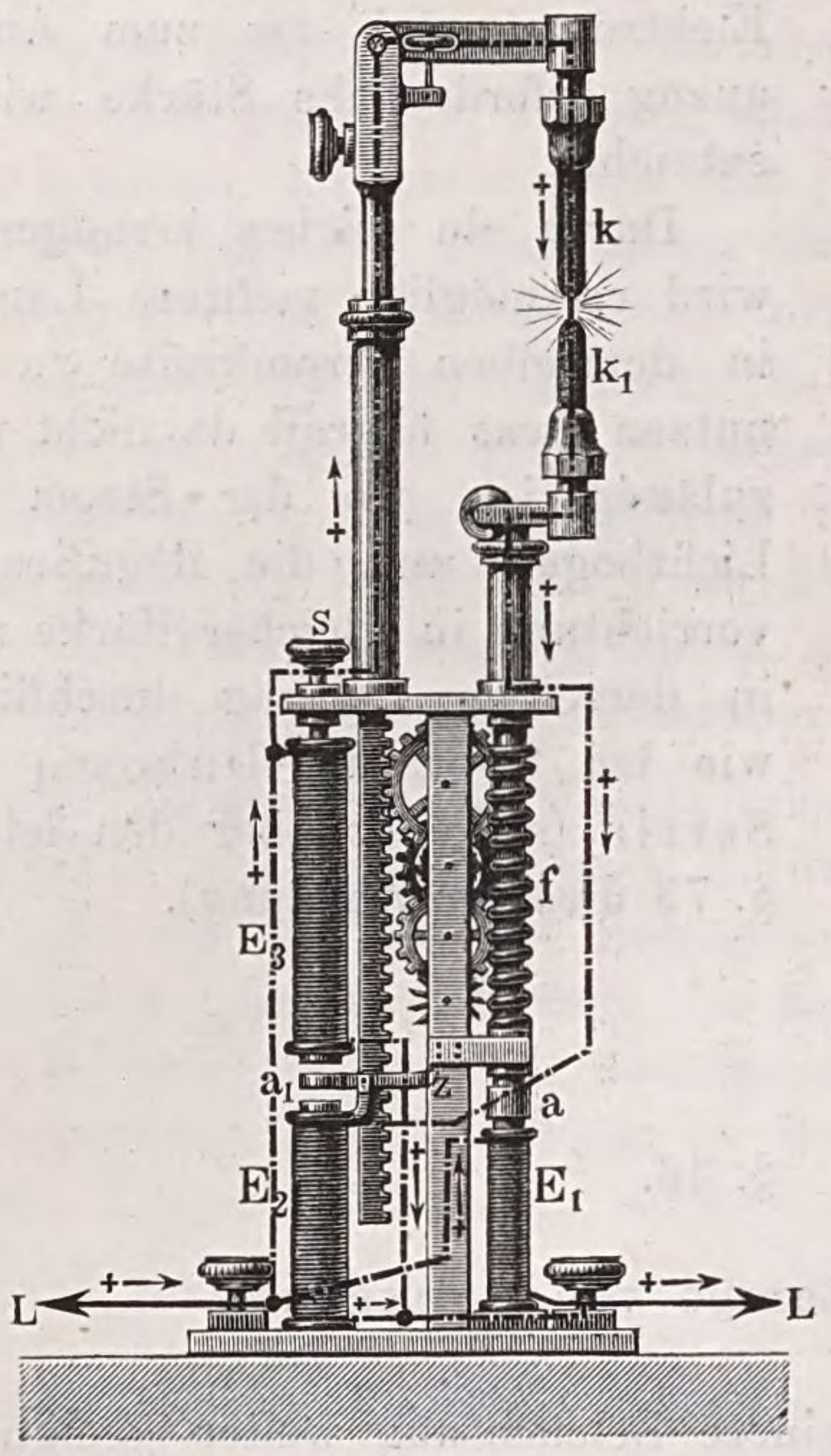
Elektrische Lampe von Fontaine.

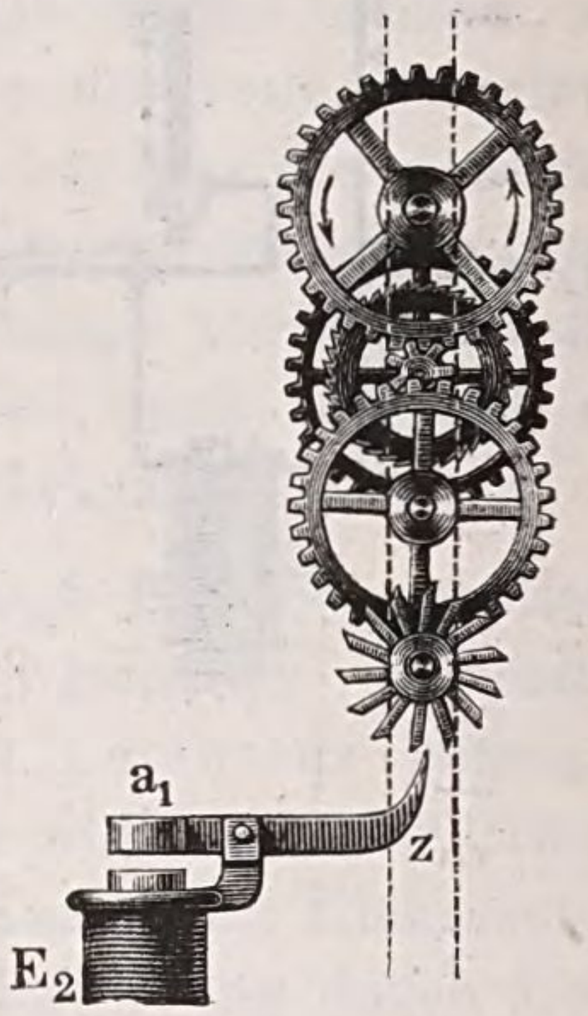
Unter den für allgemeinere Beleuchtung weiter geeigneten Constructionen betrachten wir zunächst die von Fontaine (Fig. 103 a. f. S.). Die im continuirlichen Strom sich schneller verzehrende positive Kohle, d. i. der Kohlenstab, welcher an den positiven Pol der Elektricitätsquelle anschliesst, von welchem aus der positive Strom in den Leitungskreis eintritt (bei galvanischen Batterien der Kupfer- oder Kohlenpol), liegt in der Regel oben, ist also mit dem obern Kohlenhalter verbunden. Die Richtung des Stromes durch die Lampe haben wir hier, wie auch bei andern Constructionen, durch punktirte Linien und die Lage des positiven Pols durch + markirt.

Der Regulator Fontaine führt drei Elektromagnete E_1 E_2 E_3, deren Widerstände in dieser Folge zunehmen. Es liegen E_1 im kürzesten Kreise, E_2 und E_3 in Verzweigungen dieses Strom-

kreises, von denen nur der in E_2 circulirende Zweigstrom auch durch die Kohlenstäbe $k\,k_1$ führt, also das Licht zu unterhalten

Fig. 103.





hat. Anker a zu E_1 steht mit dem untern Kohlenhalter in fester Verbindung und wird durch kräftige Feder f vom Kern des Elektromagneten entfernt gehalten. E_2 und E_3 haben einen gemeinschaftlichen Anker a_1. Derselbe ist drehbar befestigt und trägt am Ende der Verlängerung über seinen Drehpunkt hinaus einen Zahn z, welcher beim Anzuge von E_2 in ein kleines Flügelrad (unterstes Rad) eingreift und dessen Bewegung hemmt, womit auch der Gang des mit ihm durch Uebersetzung verbundenen Räderwerks arretirt wird, welches den Antrieb durch die Schwere des in einer Zahnstange auslaufenden obern Kohlenhalters erhält.

Im Ruhestande sind die beiden Kohlenspitzen in Berührung.

Circulirt der Strom [1]), so wird Anker a von E_1 angezogen, damit der untere Kohlenhalter zur Bildung des Lichtbogens, während durch gleichzeitigen Anzug des gemeinschaftlichen Ankers a_1 von E_2 das Gangwerk in der Bewegung gehemmt wird. Mit dem Kohlenverbrauch verlängert sich der Lichtbogen, sein Widerstand wird grösser und schwächt den durch E_2 circulirenden Strom, während sich der Zweigstrom, nach den Gesetzen der Stromverzweigung, in E_3 um so viel verstärkt, dass die Anziehung a_1 nach dieser Seite erfolgt. Damit wird das Räderwerk zur Bewegung frei und gestattet das Senken des obern Kohlenhalters resp. der obern Kohle bis zur normalen Länge des Lichtbogens, bei welchem durch Veränderung der Stromstärke in den beiden Zweigen wieder der Anzug E_2 überwiegt. Der durch E_1 circulirende Strom wird durch die Widerstandsänderungen im Lichtbogen nicht in dem Maasse geschwächt, dass sein Anker a zurückfedert. Dies geschieht nur bei völliger Unterbrechung des Stromes, so dass a während des Betriebes stets eine feste Lage behält, wenn die Feder f entsprechend gespannt ist. Die Regulirung der Lampe erfolgt lediglich durch die Schraube s, welche den Elektromagnet E_3 heben und senken kann.

§. 47.

Elektrische Lampe von Jaspar.

Noch einfacher, bei grosser Betriebssicherheit, ist die Construction Jaspar (Fig. 104 a. f. S.).

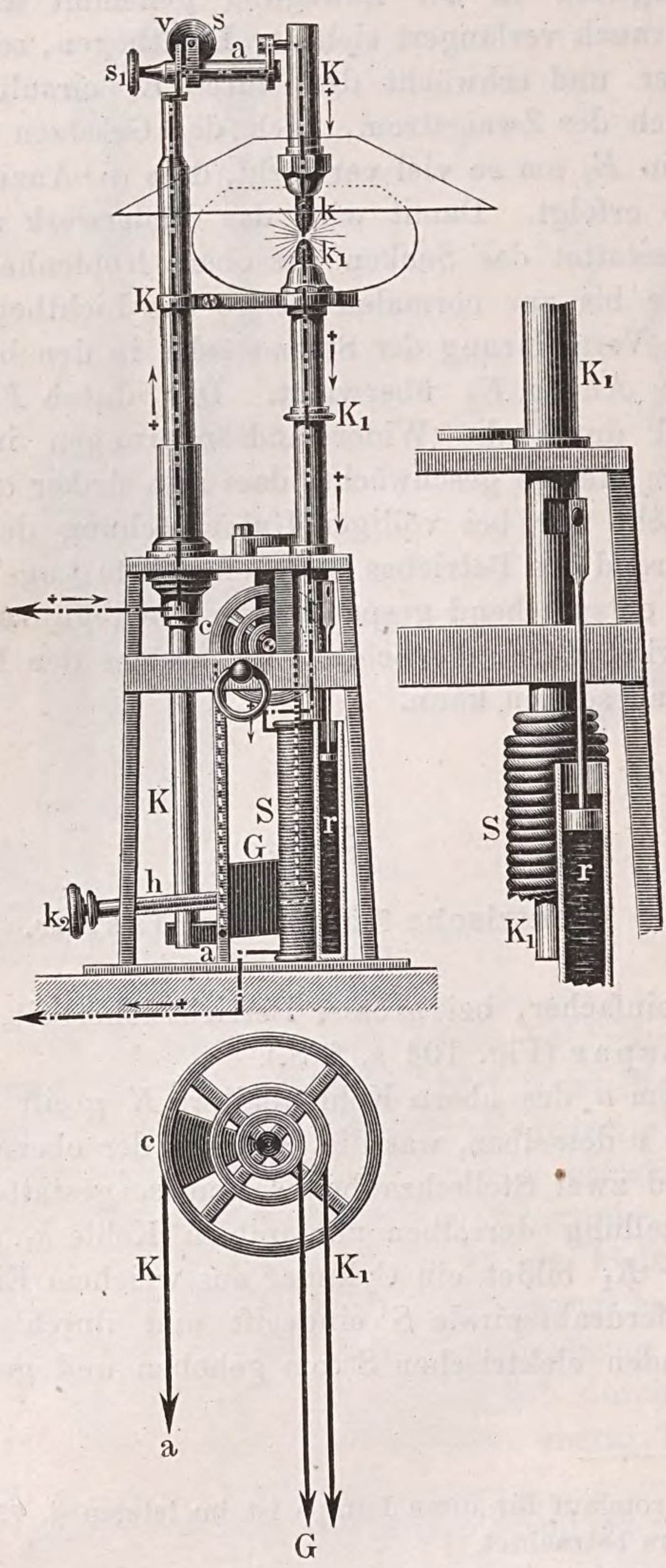
Der Arm a des obern Kohlenhalters K greift in eine verticale Schiene v desselben, was die Drehung der obern Kohle k verhindert, und zwei Stellschrauben s und s_1 gestatten die genau axiale Einstellung derselben zur untern Kohle k_1. Den untern Kohlenhalter K_1 bildet ein Cylinder aus weichem Eisen, welcher in die Kupferdrahtspirale S eingreift und durch den dieselbe durchfliessenden elektrischen Strom gehoben und gesenkt werden kann.

---

[1]) Der Stromlauf für diese Lampe ist im letzten §. 73 dieses Theiles noch besonders betrachtet.

Das Gangwerk besteht aus drei auf gemeinschaftlicher Achse befindlichen Schnurscheiben. Die Schnur der grössten derselben

Fig. 104.



führt an einen Querarm a des obern Kohlenhalters K, während die Schnur der mittlern, halb so grossen Scheibe den Kohlenhalter K_1 in gleicher Weise verbindet, wodurch sich die Bewegung beider Kohlenhalter im Verhältniss des Kohlenverbrauchs aufeinander überträgt. Die Schnur der dritten, kleinsten Scheibe ist am Ende eines durch verschiebbares Gewicht G belasteten Hebels h befestigt, womit dem Druck des obern Kohlenhalters entgegengewirkt wird. Das zweite Schnurende ist überall an den betreffenden Scheiben festgelegt. Die Spitzen der Kohlen berühren sich in der Ruhelage. Der positive Strom tritt in den obern Kohlenhalter K, führt durch die Kohlen, den untern Kohlenhalter und die Windungen der Spirale S nach dem negativen Pol der Elektricitätsquelle. In Folge der Stromeswirkung wird der Kohlenhalter K_1 in den innern Raum der Spirale S tiefer hineingezogen, die untere Kohle k_1 senkt sich also und es bildet sich der Lichtbogen. Die Vergrösserung desselben durch den Kohlenverbrauch schwächt den Strom, K_1 tritt wieder etwas und zwar so weit zurück, als zur Herstellung des Gleichgewichts zwischen dem Druck des obern Kohlenhalters und der anziehenden Kraft des Stromes in der Spirale S resp. der normalen Länge des Lichtbogens erforderlich, und so fort. Um die Lampe für verschiedene Stromstärken benutzen zu können, ist nur der Druck des obern Kohlenhalters durch Verschiebung des Gewichts G am Knopf k_2 zu reguliren.

Die zu schnelle Bewegung der Kohlenhalter zu hemmen, befindet sich neben der Drahtspirale S ein mit Quecksilber gefülltes Rohr r, in welchem sich während der Bewegung ein mit dem untern Kohlenhalter fest verbundener Kolben senkt oder hebt, so den erforderlichen Widerstand erzeugt und gleichzeitig dem Strom einen sehr sichern Contact mit dem untern Kohlenhalter bietet, der sonst bei allen gleitenden Verbindungen mehr oder minder mangelhaft ist. Die anziehende Wirkung des Stromes aus der Spirale S verstärkt sich um so mehr, je höher der Eisenkern (untere Kohlenhalter) aus dem innern Raum der Spirale heraustritt. Zur Erhaltung der gleichmässigen, auf fortgesetzte Bildung der normalen Lichtbogenlänge gerichteten Wirkung, muss deshalb das Gewicht des obern Kohlenhalters während des Betriebes dauernd regulirt werden. Dazu dient ein zwischen den Speichen der Schnurscheiben fest gelagertes Contregewicht c. Dasselbe liegt

beim Beginn des Brennens der Lampe auf der rechten Seite der Achse und vermindert in dieser Lage das Gewicht des Kohlenhalters *K*, bis es aufsteigend die grösste Höhe erreicht hat, wo die Wirkung darauf gleich Null ist, während im weitern Betriebe, beim Niedergange *c* auf der linken Seite, eine allmälige Verstärkung des Drucks aus dem obern Kohlenhalter erfolgt und zwar bis zum vollständigen Verbrennen beider Kohlen, d. i. die im Bilde markirte Lage [1]). Die fortwährende Verminderung des Gewichts durch die schneller verbrennende obere Kohle wirkt dieser Regulirung in der letzten Hälfte entgegen, was durch überwiegende Schwere des obern Kohlenhalters unterdrückt wird.

§. 48.

Elektrische Lampe von Holcombe.

Sofern die Einfachheit besonders zu schätzen, verdient die Construction des Amerikaners Holcombe (Fig. 105) gewisse Beachtung.

Innerhalb der Stromspirale *S* befindet sich ein Stab *e* aus weichem Eisen, dessen Arm *a*, mit scharfer Kante, den Umfang einer Scheibe S_1 berührt, welche durch das Gewicht der besonders belasteten obern, durch kleine Kette mit S_1 verbundene Kohle *k* in Drehung versetzt wird, sobald die Berührung mit dem Arm *a* aufgehoben ist. Ein im Mittelpunkt von S_1 drehbar befestigter

---

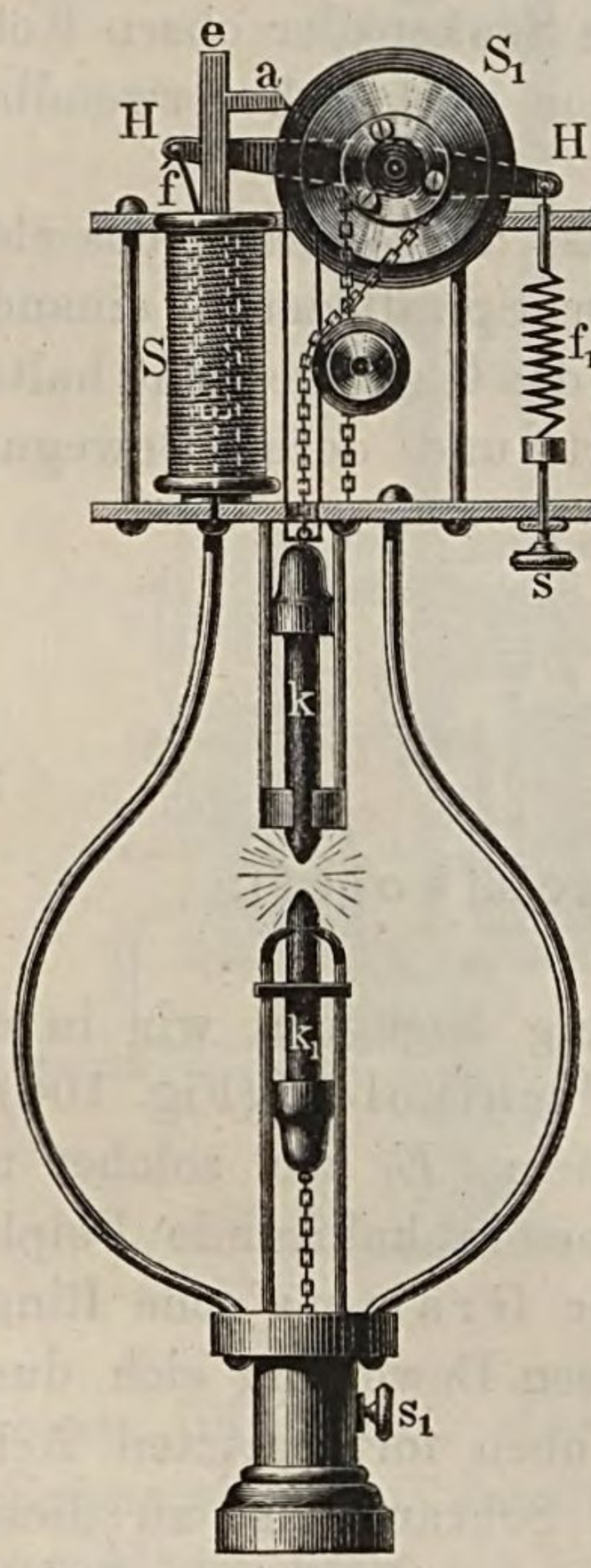
[1]) In neuerer Zeit verwendet Jaspar zur bessern Ausnutzung seines Lichts Reflectoren verschiedener Form; auch hat er Anordnung dahin getroffen, die Lichtstrahlen durch verstellbare Krystalllinsen und Spiegel, welche die Flamme in zwei über einander liegenden Kreisen umgeben, nach verschiedenen Richtungen zu vertheilen resp. nach Bedarf auf gewisse Punkte zu concentriren. Auf diesem Wege gelangte er zur Theilung des elektrischen Lichts ohne die Vortheile des Einzellichts aufzugeben (S. 84). Die directe Beleuchtung durch das Einzellicht beschränkt sich dabei auf den grössten Raum eines Gebäudes, während den andern Räumen desselben Theile der Lichtstrahlen durch Oeffnungen (Fenster) in den Umfassungsmauern, Fussböden und Decken vermittelst entsprechend eingestellter Linsen, Spiegel, Reflectoren verschiedener Form zugeführt werden.

Das System soll sich bereits in dem Maasse bewährt haben, dass man ernstlich an dessen erweiterte Anwendung denkt.

Hebel *H* trägt linker Hand die mit dem untern Ende des Eisenstabes *e* in Verbindung stehende Feder *f*, während auf der rechten Seite die Spiralfeder f_1 anschliesst, deren Spannung durch Schraube *s* regulirt werden kann.

Der durch die Windungen der Spirale *S* circulirende Betriebsstrom hat das Bestreben, den Eisenstab *e* in den innern Raum derselben tiefer hineinzuziehen, welchem die Spannung der Feder f_1 entgegenwirkt. Im Zustande der Ruhe berühren sich die Spitzen beider Kohlen $k\,k_1$. Der in dieser Lage eintretende Strom zieht den Eisenstab *e* an, welcher durch Führung über einen von unten eingreifenden Stift senkrecht bewegt wird; und durch den Angriff des Armes *a* gegen Scheibe S_1 wird die obere Kohle *k*, zur Bildung des Lichtbogens, um einige Millimeter gehoben. Sobald sich derselbe durch Verbrennen der Kohlen über die normale Länge erweitert, wird der Strom so weit geschwächt, dass der Eisenstab *e* um so viel zurücktritt, als zur Bewegung der Scheibe S_1 nöthig, womit sich die obere Kohle senkt. Der dadurch wieder verstärkte Strom führt aber den Eisenstab *e* sofort wieder in die Lage zurück, in welcher diese Bewegung gehemmt ist. Die untere Kohle hat unter dem Einfluss einer Spiralfeder das Bestreben, aus seinem gabelförmigen Halter nach oben herauszutreten, was durch entsprechend eng gestellte Platinspitzen aber nur so weit möglich ist, als die Kohlenspitze daran keinen Widerstand findet. Da sich unter dem Kohlenverbrauch die Spitze immer wieder neu bildet, so wird, nach Maassgabe des Verbrennens, die untere Kohle dauernd gehoben. Mittelst der Schraube s_1 wird der untere Kohlenhalter zurückgezogen

Fig. 105.



resp. die darauf hebend wirkende Spiralfeder gespannt. Der innige Contact zwischen den Platinspitzen und der Kohle sichert den guten Anschluss derselben an den Stromkreis, und durch die Lage dieses Contacts an der Spitze der Kohle wird durch Verkürzung derselben beim Verbrennen der Widerstand des Stromkreises nicht beeinflusst. Diese günstige Anordnung findet sich, obgleich nicht in derselben Vollkommenheit, auch bei der obern Kohle, deren Spitze ebenfalls im gabelförmigen Halter festgeklemmt ist. Der eine Gabelarm hat eine feste Lage, der andere ist im Gelenk beweglich und wird durch besondere Kette abgehoben, welche sich mit der Kohlenkette gleichzeitig, aber entgegengesetzt durch die Scheibe S_1 bewegt und so das Senken der obern Kohle rechtzeitig gestattet. Ob die Construction praktisch verwendbar, scheint noch nicht festgestellt zu sein.

Das System ist so zu reguliren, dass die Wirkung des elektrischen Stromes und die Spannung der Spiralfeder f_1 einander in der normalen Länge des Lichtbogens das Gleichgewicht halten, während Arm a die Scheibe S_1 berührt und deren Bewegung hemmt.

§. 49.

Elektrische Lampe von Tschikoleff.

Einer ganz abweichenden Anordnung begegnen wir in der Construction des russischen Ingenieurs Tschikoleff (Fig. 106).

E ist ein Elektromagnet mit kleinem, E_1 ein solcher mit grossem Widerstande, deren Eisenkerne in halbrunde Polplatten MM auslaufen, zwischen denen der Gramme'sche Ring r in wagerechter Lage rotiren kann, dessen Bewegung sich durch Vermittlung seiner als Schraube nach oben fortgesetzten Achse auf die beiden Kohlen überträgt. Die Schraube ist zu diesem Zwecke in den Theilen s/s_1 und s_1/s_2 entgegengesetzt geschnitten, während die im Fusse der Lampe befindliche Schraube s_3 das Heben und Senken des Lichtbogens gestattet, wovon in dem Falle Gebrauch zu machen sein würde, dass zur Verstärkung des Lichts Hohlspiegel zur Anwendung kommen. $c\,c_1$ sind zwei Metallhalter zur Aufnahme der Metallbürsten des an den Gramme'schen

Ring unten anschliessenden Commutators. In der directen Berührung der Kohlenspitzen findet der aus L eintretende positive Strom zwei Wege, einen durch die Kohlen und den Elektromagnet E, den zweiten durch die Windungen des Elektromagneten E_1. Nach den Gesetzen der Stromverzweigung entfällt, bei dem bestehenden Widerstandsverhältniss beider Zweige, der grössere Stromantheil auf den Lichtkreis. Beim Eintritt des positiven

Fig. 106.

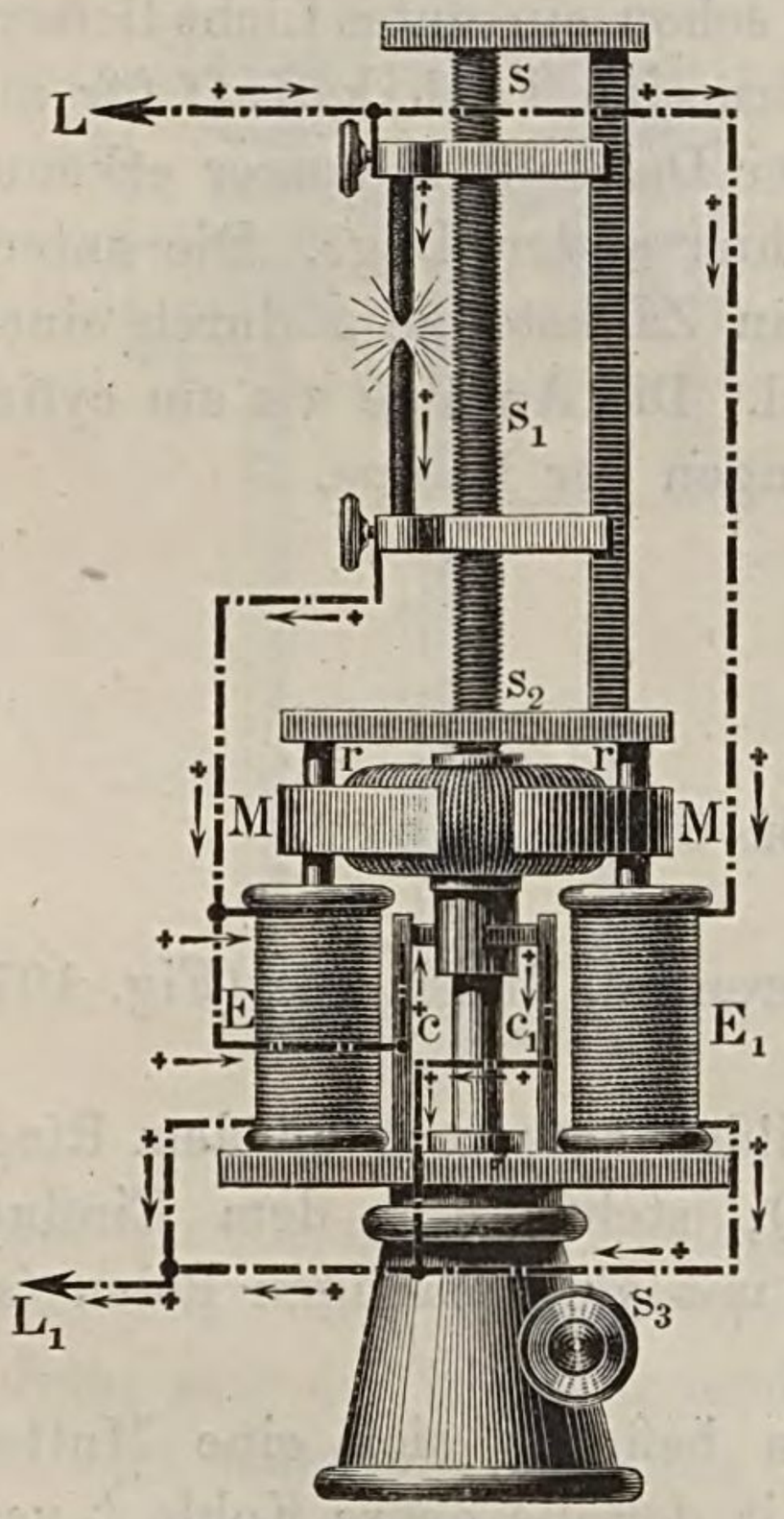
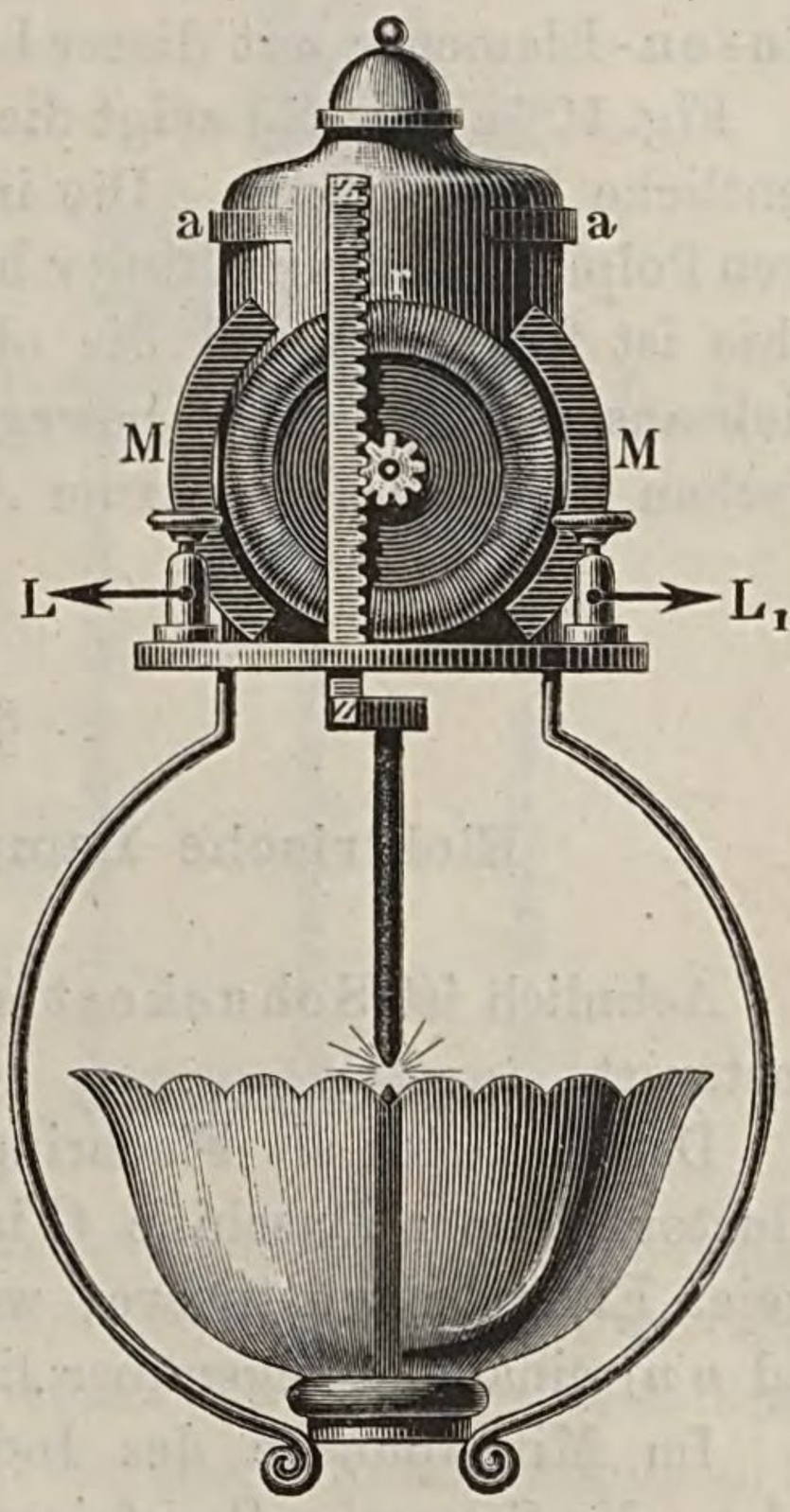


Fig. 106 a.



Stromes in E tritt aber eine weitere Theilung desselben ein. Während ein Theil des Stromes durch die Elektromagnetwindungen verläuft, führt ein anderer über den Metallhalter c durch den Commutator, die Windungen des Ringes r und über c_1, in Vereinigung mit ersterem, nach L_1, dem negativen Pol der Elektricitätsquelle. Da durch die erstere Stromverzweigung beide Elektromagnetpole M magnetisirt sind, so muss der vom Strom durchflossene Ring, nach Maassgabe der Pollage, Richtung und

Stärke des Stromes, bewegt werden [1]), in unserm Falle derart, dass sich die Kohlenspitzen von einander entfernen, um den Lichtbogen zu bilden. Ueber- oder unterschreitet derselbe das normale Maass, so ändert sich das Widerstandsverhältniss der Kreise E und E_1, sowie das Verhältniss der Stromstärken in allen Zweigen, der Ring tritt nach der einen oder andern Richtung in Bewegung, behufs Regulirung der Lichtbogenlänge. Die Construction soll sich beim Gebrauch in der russischen Artillerie bewährt haben, und man hebt besonders hervor, dass 20 bis 24 Bunsen-Elemente mit dieser Lampe schon ein gutes Licht liefern.

Fig. 106 a (a. v. S.) zeigt die Construction Tschikoleff für die öffentliche Beleuchtung. Die in dieser Darstellung besser erkennbaren Polplatten M und Ring r haben hier andere Lage. Die untere Kohle ist fest, während die obere an Zahnstange z durch einen Trieb aus der Ringachse bewegt wird. Die Ansätze $a\,a$ am cylindrischen Gehäuse dienen zum Aufhängen der Lampe.

§. 50.

Elektrische Lampe von Schuckert.

Aehnlich ist Schuckert's Differential-Ringlampe (Fig. 107) construirt.

Der Inductor als Flachring gebildet, entsprechend dem Ringinductor seiner Maschine (Fig. 64), steht unter dem Einfluss zweier Elektromagnetpaare, welche mit gleichnamigen Polen ($s\,s$ und $n\,n$) einander gegenüber liegen.

Im Mittelpunkte des Inductors befindet sich eine Mutter, welche die Schraube S aufnimmt, mit der die obere Kohle k verbunden wird.

Der positive Strom tritt aus L an den Commutator des Inductors, durchläuft dessen Windungen und führt über den zweiten Metallpinsel durch die Windungen des linken obern Elektromagneten (Polarität s), des rechten obern Elektromagneten (n), durch die beiden Kohlen $k k_1$ nach L_1, wie die gebrochene Linie andeutet. Ein Theil dieses Stromes verzweigt beim Austritt aus dem Metall-

---

[1]) S. darüber §. 30, S. 194.

pinsel des Commutators durch die Windungen der beiden untern Elektromagneten ($n\,s$) und tritt dann in L_1 ein, wie durch punktirte Linie in unserm Bilde bezeichnet.

Die Wicklungen und Widerstände der beiden Zweige sind so angeordnet, dass sich die magnetischen Wirkungen auf den In-

Fig. 107.

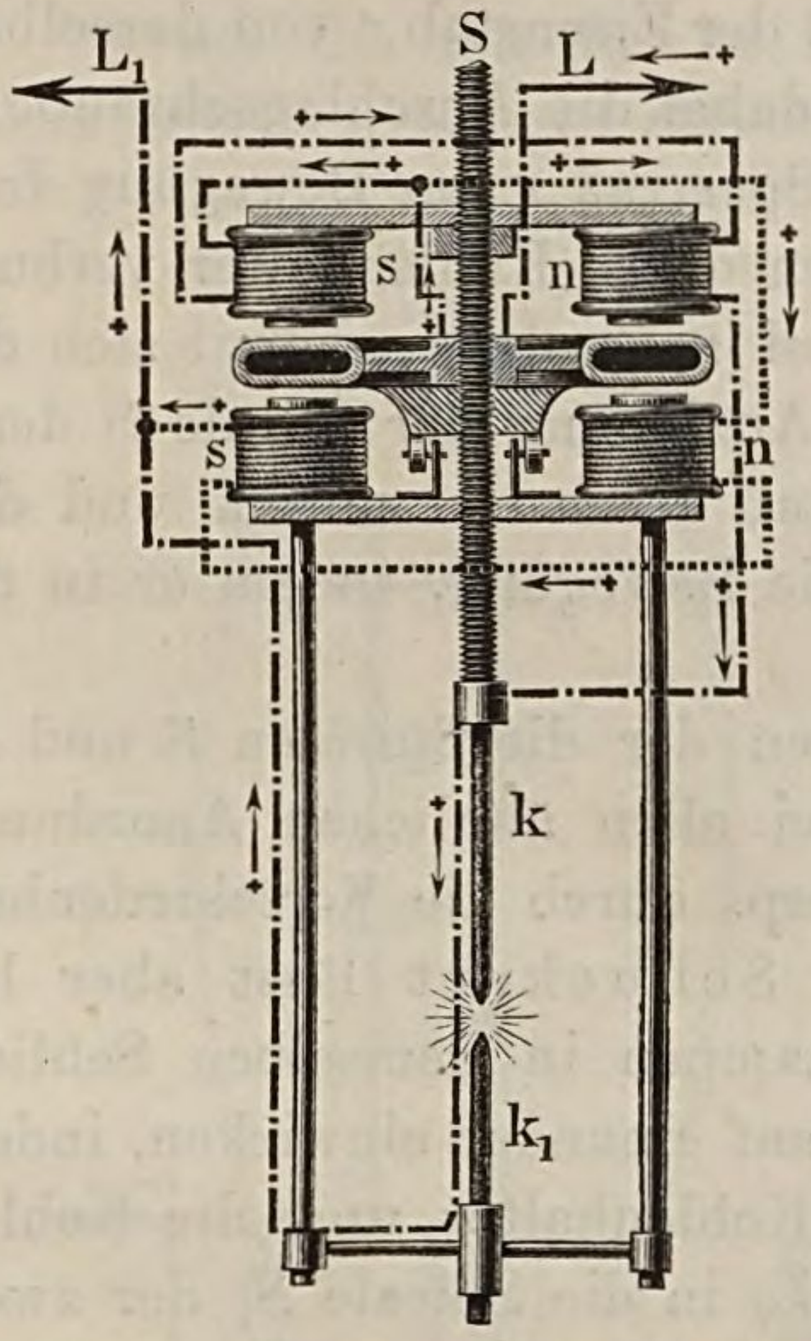
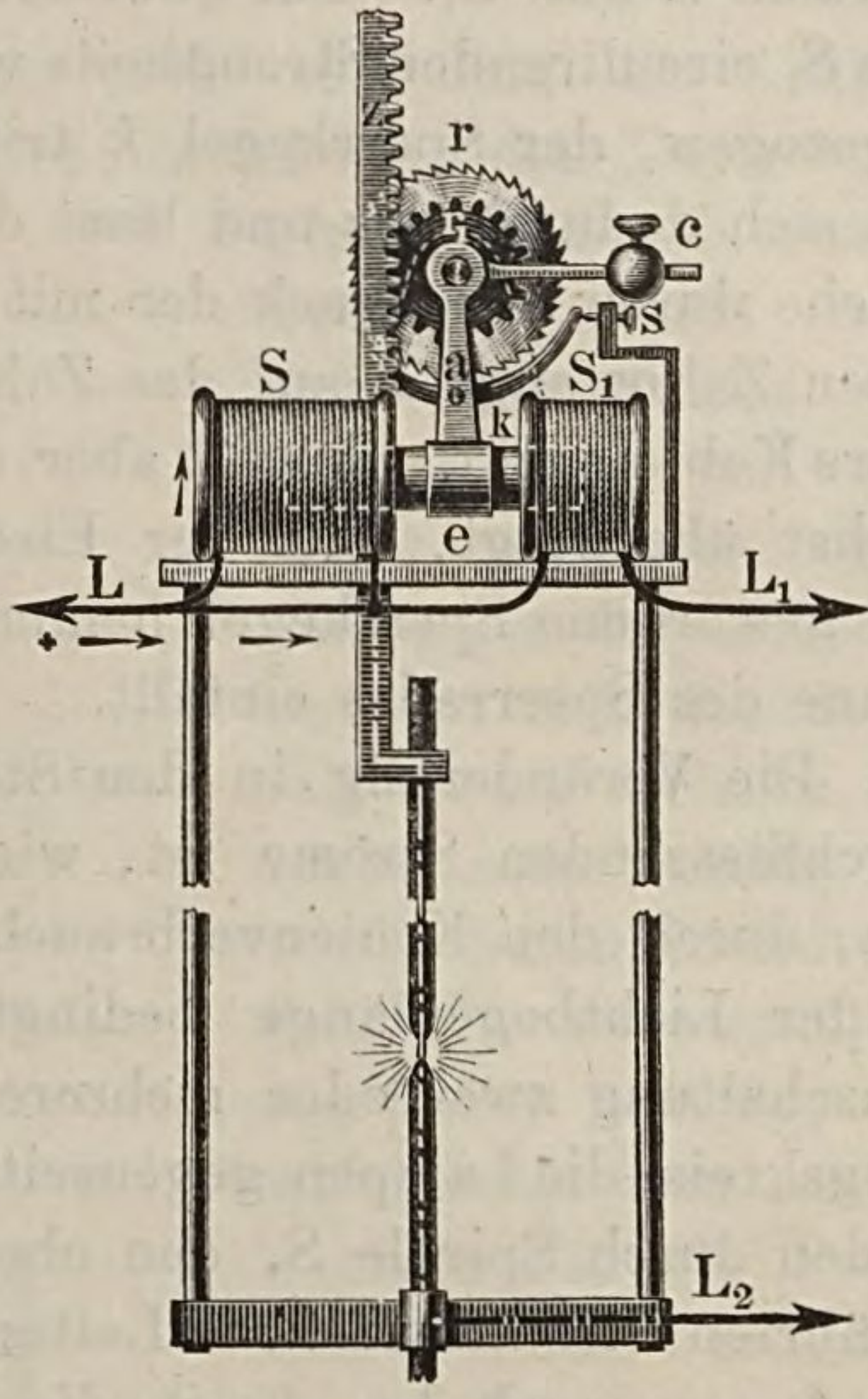


Fig. 108.



ductor das Gleichgewicht halten, wenn der Lichtbogen die normale Länge hat. Wird dasselbe durch veränderten Widerstand gestört, so dreht sich der Inductor nach der einen oder andern Seite und hebt oder senkt die Schraube S resp. die obere Kohle, womit sich die normale Länge des Lichtbogens wieder herstellt.

In einer andern Anordnung hat Schuckert den Flachring vertical gestellt, welcher seine Bewegung vermittelst Zahnrades und Zahnstange auf die obere Kohle überträgt, wobei durch ein mittelst Kette über eine Leitrolle geführtes Gewicht die Zahnstange äquilibrirt.

In neuester Zeit hat sich Schuckert die in Fig. 108 dargestellte Lampe patentiren lassen. Dieselbe führt zwei Spiralen S und S_1, in deren innern freien Raum sich der an einem drehbaren Arm a befestigte Eisenstab e hin- und herbewegen kann.

Durch die Wirkung des Contregewichts c hat dieser Eisenstab die Neigung zum tiefern Eindringen in Spirale S, woran ihn aber der am Arm a drehbar befestigte Sperrkegel k hindert, welcher in das Sperrrad r eingreift, auf dessen Achse sich auch ein Zahnrad r_1 befindet. Der positive Strom tritt durch Leitung L in die Lampe und verzweigt, wie aus der Zeichnung zu erkennen, durch beide Spiralen S und S_1. Bei gewisser Verstärkung des durch die Spirale S_1 circulirenden Stromtheils wird der Eisenstab e von derselben angezogen, der Sperrkegel k trifft dabei die Anschlagschraube s, löst sich dadurch aus und lässt das Sperrrad r zur Bewegung frei, welche durch den Druck der mit dem obern Kohlenhalter verbundenen Zahnstange z auf das Zahnrad r_1 eintritt, womit sich die obere Kohle senkt. Sobald aber die Anziehung der Spirale S demnächst überwiegt, tritt der Eisenstab e wieder zurück und der frei gewordene Sperrkegel hemmt die Bewegung, indem er in die Zähne des Sperrrades einfällt.

Die Veränderung in den Stärken der die Spiralen S und S_1 durchfliessenden Ströme ist, wie bei allen ähnlichen Anordnungen, durch den Kohlenverbrauch resp. durch die Verschiedenheit in der Lichtbogenlänge bedingt. Schuckert lässt aber bei Einschaltung zwei oder mehrerer Lampen in demselben Schliessungskreis, die Lampen gegenseitig auf einander einwirken, indem er den durch Spirale S, den obern Kohlenhalter und die Kohlen geführten Stromtheil über Leitung L_2 in die Spirale S_1 der zweiten Lampe und den durch die Spirale S_1 unserer Figur circulirenden Zweigstrom über Leitung L_1 in die Spirale S und durch die Kohlen der zweiten Lampen leitet. In gleicher Weise verbindet er die dritte mit der zweiten Lampe u. s. f., worauf schliesslich die beiden Leitungszweige L_1 und L_2 der letzten Lampe in gemeinschaftlicher Verbindung nach dem negativen Pol der Elektricitätsquelle zurückführen.

Die Absicht Schuckert's läuft darauf hinaus, bei Einschaltung zwei oder mehrerer Lampen den Stromverlust abzuwenden, welcher für solche Zweige eintritt, in denen das Licht nicht brennt.

Vermuthlich ist in dem Falle, wo die Kohlenspitzen sich berühren, die Anziehung der Spirale S so stark, dass der in das Sperrrad r eingreifende Sperrkegel k das Räderpaar, zur Bildung der normalen Lichtbogenlänge, entsprechend rückwärts bewegt.

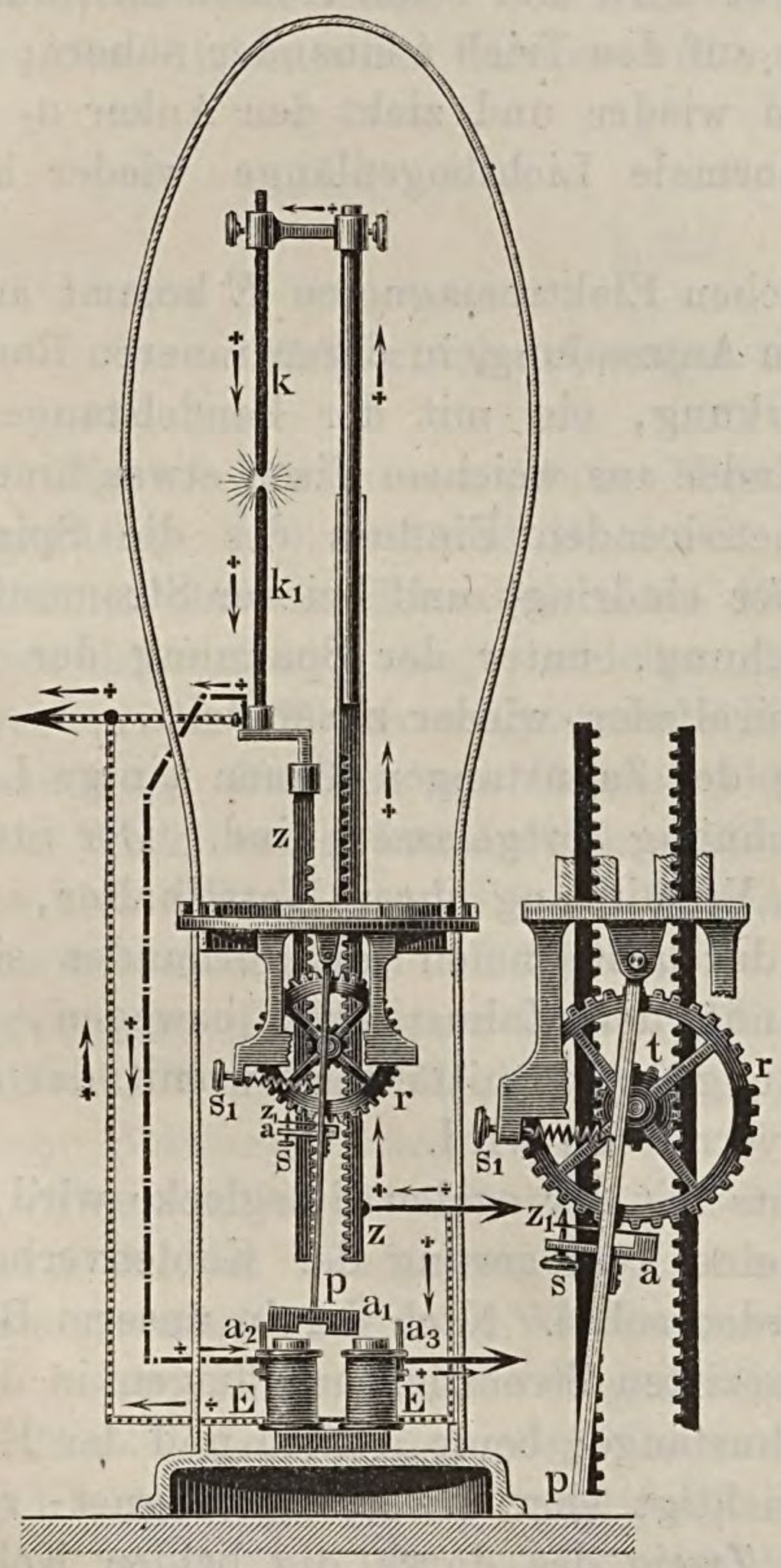
Ueber die Erfolge dieser neuen Construction ist uns bis jetzt nichts bekannt geworden.

§. 51.

Elektrische Lampe von Million.

In der Construction Million (Fig. 109) sind die Kohlenhalter mit Zahnstangen z verbunden, welche, in den Trieb t eingreifend, durch dessen Drehung rechts oder links, die Kohlen $k\,k_1$ nähern oder von einander entfernen. Auf der Achse des Triebes t befindet sich das Zahnrad r, auf welches ein regulirender Zahn z_1 wirkt, der an einer durch Schraube s verstellbaren Feder befestigt ist, welche von dem Ansatz a eines Pendels P getragen wird. Der tiefste Punkt der Pendelstange ist mit dem Anker a_1 eines gewöhnlichen Elektromagneten E verbunden; durch eine an der Schraube s_1 zu regulirende Spiralfeder wird die Pendelstange und damit der Anker a_1 in geneigter Lage erhalten, begrenzt durch den Ansatz a_2. Die magnetisirten Kerne ziehen den Anker an und setzen somit das Pendel in Bewegung, welche an einem zweiten gleichen Ansatz a_3 Widerstand findet.

Fig. 109.



In der Ruhelage stehen beide Kohlen $k\,k_1$ in Berührung und der regulirende Zahn z_1 hat eine freie Lage unter den Zähnen des Rades r; wird aber der Kreis geschlossen, so zieht die magnetisirende Kraft des im Elektromagneten E circulirenden Stromes den Anker an, womit sich das Pendel also nach rechts bewegt. Dadurch kommt Zahn z_1 zum Eingriff; er dreht das Zahnrad r um so viel, dass sich der Lichtbogen bilden kann. Durch den Kohlenverbrauch erhöht sich der Widerstand des Stromkreises, der Strom wird geschwächt bis die Spiralfeder der Pendelstange überwiegt, der Anker a_1 in seine Ruhelage zurückgeht, womit das Rad r zur Bewegung frei wird und beide Kohlen sich durch die Wirkung ihres Gewichts auf den Trieb t einander nähern; damit verstärkt sich der Strom wieder und zieht den Anker a_1 an, so dass der Zahn z_1 die normale Lichtbogenlänge wieder herstellen kann.

In Stelle des gewöhnlichen Elektromagneten E kommt auch eine liegende Drahtspirale in Anwendung, in deren inneren Raum, von der Seite der Federwirkung, ein mit der Pendelstange in Bügelform verbundener Cylinder aus weichem Eisen etwas hineinragt, der unter dem magnetisirenden Einfluss des die Spirale durchlaufenden Stromes tiefer eindringt und bei der Stromunterbrechung oder Stromschwächung, unter der Spannung der mit dem Pendel verbundenen Spiralfeder, wieder zurücktritt.

Zur sicherern Führung der Zahnstangen dienen einige Leitrollen, welche aus der Zeichnung fortgelassen sind. Der Strom tritt in die Kohlen durch Vermittlung ihrer Metallhalter, mit denen die Leitungsdrähte durch Klemmen fest verbunden sind, welche sich sonach zwar mit den Zahnstangen bewegen, auf ihrem Wege aber den Leitungsdraht mitführen, womit der unsichere schleifende Contact vermieden wird.

Das Bedecken des Lichts mit der ovalen Glasglocke wird für den Fall empfohlen, dass eine Verzögerung der Kohlenverbrennung (S. 95) gewünscht werden sollte. Nach der in unserm Bilde durch gebrochene Linie markirten Stromrichtung liegen in demselben Kreise die rechte Zahnstange, beide Kohlen und der Elektromagnet. Erfinder beabsichtigt aber die Elektromagnet- resp. Spiralwindungen in einen Zweig des durch die beiden Kohlen führenden Hauptstroms zu legen, wie durch punktirte Doppellinien angedeutet ist. Der Hauptkreis führt dann durch die rechte

Zahnstange, beide Kohlen und direct nach dem zweiten Pol der Elektricitätsquelle, während der Zweigstrom nur die Elektromagnetwindungen durchfliesst. Das Licht brennt im Hauptkreise, dessen Widerstand sich mit dem Kohlenverbrauch vergrössert, was eine Verstärkung des Stromes im Elektromagneten zur Folge hat.

Bei dieser Anordnung tritt die Rechtsbewegung des Pendels P durch den verstärkten Zweigstrom ein; es würde deshalb die mit dem Pendel verbundene Zahnfeder und damit der regulirende Zahn z_1 umgelegt werden müssen, so dass der Angriff auf das Rad r von der rechten Seite resp. beim Rückgang des Ankers a_1 erfolgen kann. Die Aenderung ist leicht ausführbar, für die gute Wirkung der Lampe aber recht wesentlich (S. 254).

§. 52.

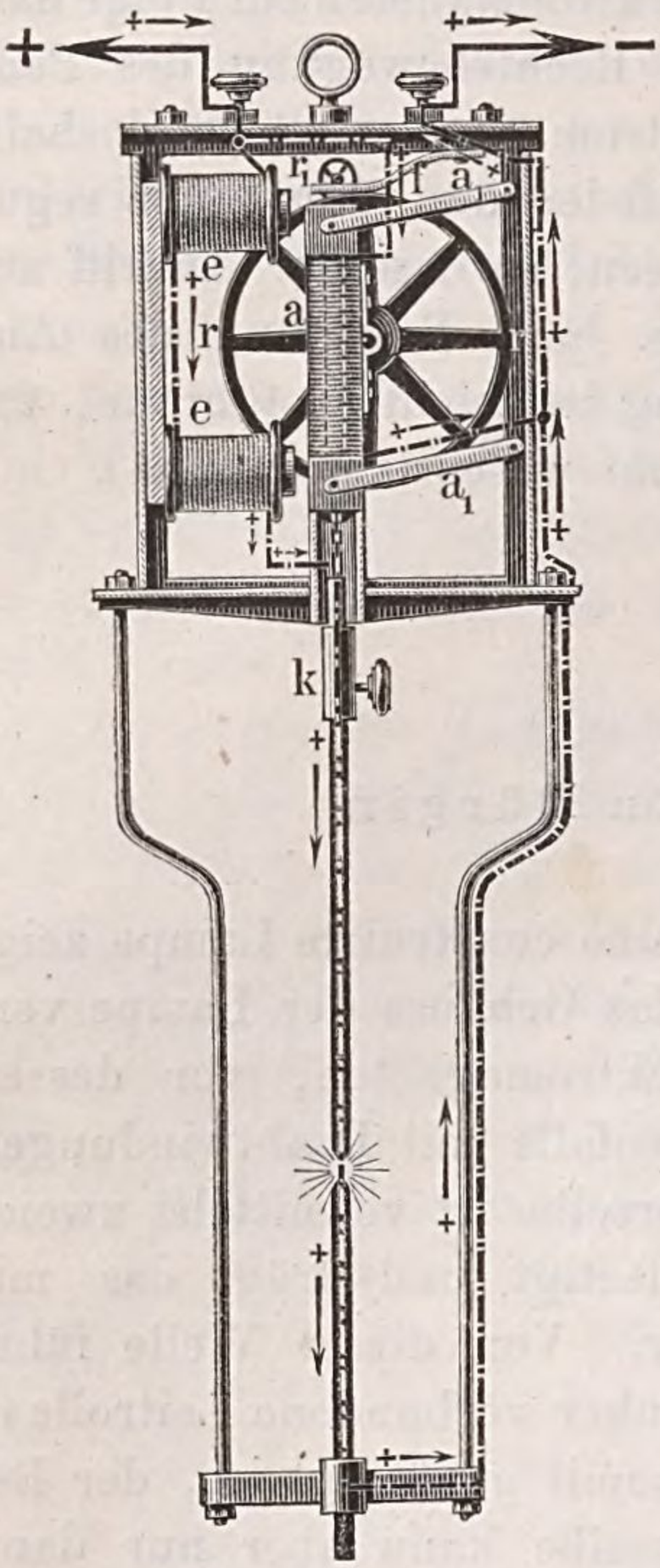
Elektrische Lampe von Bürgin.

Die von Bürgin zu seiner Maschine construirte Lampe zeigt Fig. 110 (a. f. S.). $e\,e$ sind die durch das Gehäuse der Lampe verbundenen beiden Schenkel eines Elektromagneten, vor dessen Polen der Anker a liegt, welcher ebenfalls mit Drahtwindungen versehen, also Elektromagnet ist. Derselbe ist vermittelst zweier Arme $a_1\,a_1$ drehbar am Gehäuse befestigt und trägt das mit einer Welle versehene drehbare Rad r. Von dieser Welle führt eine kleine Kette über die mit dem Anker verbundene Leitrolle r_1 nach dem obern Kohlenhalter k, der somit genöthigt ist, der Bewegung des Rades r zu folgen. Dieselbe kann aber nur dann eintreten, wenn die auf dem Umfang des Rades schleifende Feder f ausser Wirkung tritt.

Der positive Strom verzweigt beim Eintritt in die Lampe einerseits durch die Windungen des Elektromagneten $e\,e$ und beide Kohlen, andererseits durch die Windungen des Ankers a und beide Kohlen. Die Ankerwicklung ist so eingeschaltet, dass die durch den Strom gebildeten beiden Pole den ihnen gegenüberstehenden Kernen des Elektromagneten $e\,e$ entgegengesetzt magnetisirt werden. In dieser verstärkten Wirkung ist die Anziehung so kräftig, dass mit dem Eintritt des Stromes der Anker a, mit daran befestigtem Rade r, gehoben wird, wobei letzteres gegen die Feder f drückt,

welche die Drehung desselben verhindert, während sich durch die gleichzeitig gehobene obere Kohle der Lichtbogen bildet. Diese Lage erhält sich bei normaler Länge des Lichtbogens. Durch Vergrösserung desselben aus dem Kohlenverbrauch wird aber die Anziehung derart geschwächt, dass der Anker *a* sinkt, womit sich, unterstützt durch die Wirkung der Schwere des obern Kohlenhalters, bei vermindertem Druck der Feder *f*, die obere Kohle nach unten bewegt, bis die normale Länge des Lichtbogens erreicht ist, bei welcher die Hebung des Ankers *a* und die Hemmung des Rades *r* wieder erfolgt u. s. f.

Fig. 110.



In dieser Anordnung lässt sich allerdings nur das Einzellicht im Kreise unterhalten. Sollen zwei oder mehrere Lampen im Kreise brennen, so ist der durch die Ankerwindungen führende Zweigstrom nicht durch die Kohlen, sondern direct nach dem negativen Pol abzuleiten, wie für unser Bild angenommen. In diesem Falle erhält auch die Ankerwicklung so grossen Widerstand, dass die magnetisirende Wirkung aus derselben erst dann merklich hervortritt, wenn durch Vergrösserung des Widerstandes in dem die Elektromagneten *e e* einschliessenden Kreise die Stromstärke im andern Zweige wächst; im Weitern ist hierbei die Ankerwicklung so eingeschaltet, dass den Kernen der Elektromagneten *e e* gleichnamige Pole gegenüberstehen. Der Vorgang beim Eintritt des Stromes ist dann im Wesentlichen derselbe wie in der Verbindung beim Einzellicht, Anker *a* und Rad *r*, sowie die obere Kohle werden zur Bildung des Lichtbogens durch die anziehende Wirkung der Elektromagnete gehoben und diese Lage erhält sich bei normaler Lichtbogenlänge; wird dieselbe aber

überschritten, so verstärkt sich der Strom in den Ankerwindungen, die Polarität des Ankers tritt entscheidend hervor und die gegenüberstehenden gleichnamigen Pole stossen einander ab, der bewegliche Anker sinkt und Rad *r* wird zur Bewegung frei, womit sich die normale Lichtbogenlänge herstellt, bei welcher die Anziehung des Ankers durch die Elektromagnete wieder eintritt.

§. 53.

Elektrische Lampe von Mackenzie.

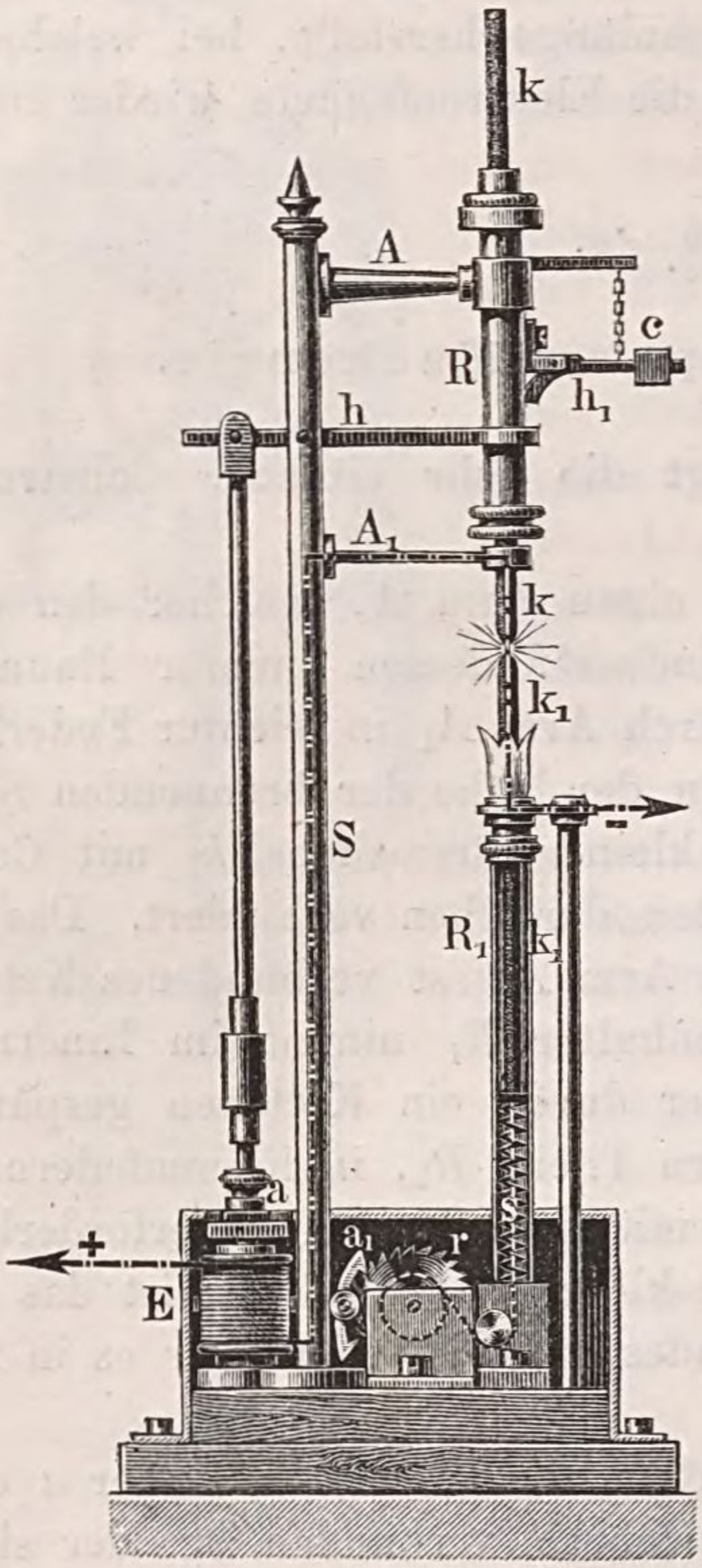
Fig. 111 (a. f. S.) zeigt die sehr einfache Construction Mackenzie.

Die Metallsäule *S* trägt einen Arm *A*, welcher den obern Kohlenhalter *R* ringförmig umfasst, dessen innerer Raum die Kohle *k* aufnimmt, welche durch Arm A_1 in leichter Federklemmung mit dem Stromkreise, in der Nähe der brennenden Spitze, verbunden ist, während ein kleiner Bremshebel h_1 mit Contregewicht *c* das vorzeitige Gleiten derselben verhindert. Das Contregewicht wird durch ein mit Arm *A* fest verbundenes Kettchen balancirt. Der untere Kohlenhalter R_1 nimmt im Innern die Kohle k_1 auf, welche auf einer durch ein Kettchen gespannten Spiralfeder *s* ruht und im obern Theile R_1, in Klemmfedern, den zur Herstellung des Contacts mit dem Stromkreis erforderlichen Widerstand findet. Ueber eine kleine Führungsrolle ist das Kettchen an die Welle des Zahnrades *r* geleitet, mit der es in fester Verbindung steht.

E ist ein einfacher Elektromagnet, dessen Anker *a* durch eine leichte Stange mit dem Hebel *h* verbunden ist, der sich in der Säule *S* dreht und an den obern Kohlenhalter *R* anschliesst. Im Weitern steht Anker *a* mit dem wagerechten Ansatz des Radankers a_1 in Verbindung, welcher der Bewegung desselben folgt, wodurch das Rad *r* auf Zahnlängen zur Bewegung in der Richtung aus der Spannung der Spiralfeder *s* frei wird. Damit der Elektromagnetanker in seiner eigenthümlichen Verbindung nicht verschoben wird, hat derselbe besondere Führung durch Metallstifte erhalten, welche aus den Eisenkernen des Elektromagneten hervorragen und in entsprechende Durchbohrungen des Ankers eingreifen.

Beide Kohlen $k\,k_1$ stehen während der Ruhe in directer Berührung. Der in die Windungen des Elektromagneten E eintretende, über S, A_1 durch $k\,k_1$ und dem Federanschluss k_1 im Kreise circulirende positive Strom bringt den Anker a zum Anzug; Hebel h dreht sich und hebt den mit ihm fest verbundenen obern Kohlenhalter R. Gleichzeitig senkt sich das Contregewicht c und presst h_1 stärker gegen die Kohle k, welche mit dem Halter R so weit gehoben wird, dass sich der Lichtbogen in der normalen Länge bilden kann. Wird in Folge des Kohlenverbrauchs der Widerstand des Kreises vergrössert, der Strom also geschwächt, so tritt der angezogene Anker a zurück. Damit dreht sich das Rad r um eine Zahnlänge und die dadurch entlastete Spiralfeder s hebt die Kohle k_1; gleichzeitig senkt sich der obere Kohlenhalter R, und in Folge der Entlastung des Bremshebels h_1 kann auch der Kohlenstab k gleiten. Bevor beide Kohlen aber in directe Berührung kommen, hat auch der Strom wieder die Stärke erreicht, unter welcher der Anzug des Ankers a erfolgt, womit die normale Lichtbogenlänge eintritt. Die Bewegung der Kohlen ist hier so arrangirt, dass der Lichtbogen stets dieselbe Lage behält.

Fig. 111.



Zwei von diesen Lampen sollen auf der Ausstellung in Glasgow zufriedenstellend gebrannt haben.

§. 54.

Elektrische Lampe von Crompton.

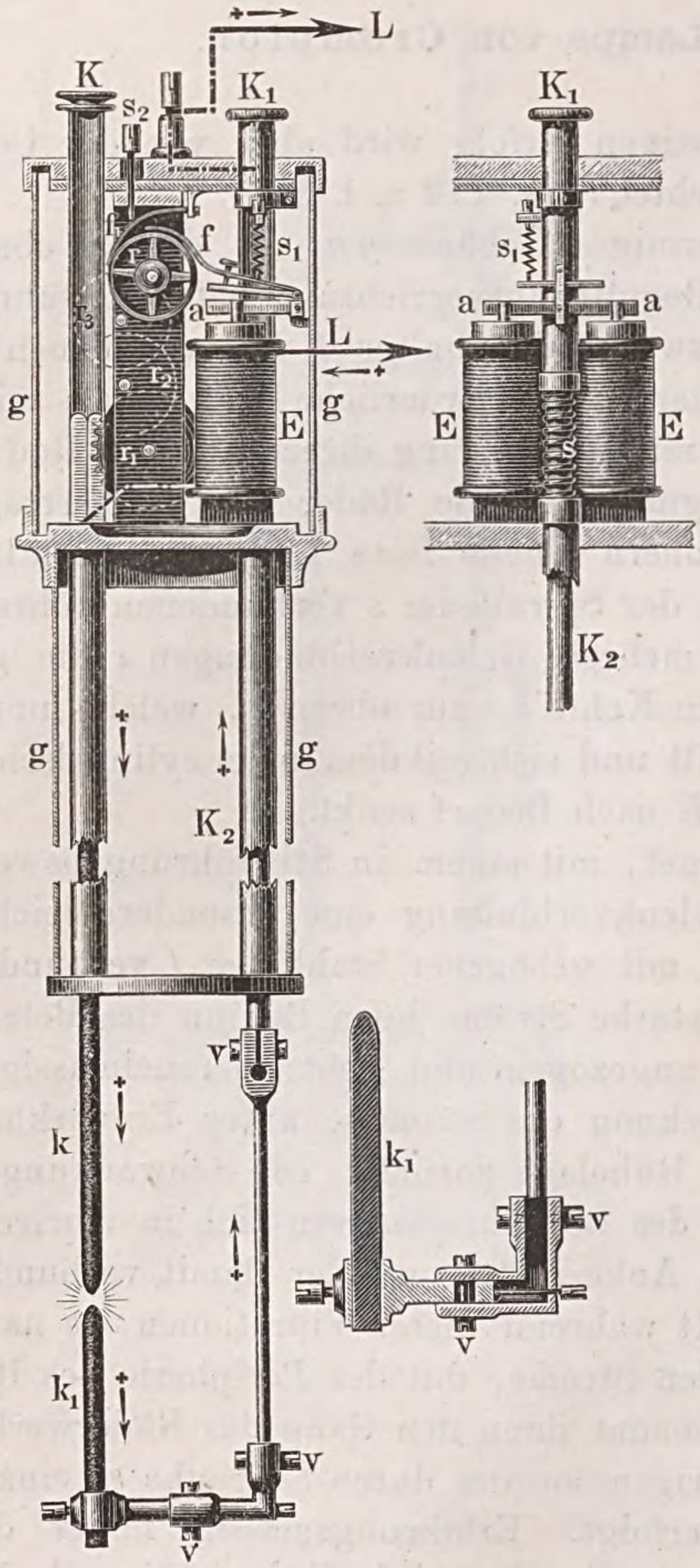
Ueber besonders günstigen Erfolg wird aber von der Construction Crompton berichtet (Fig. 112 a. f. S.).

Durch ein cylinderförmiges Gehäuse $g\,g$, in dessen obern Theil sich die eigentliche Regulirungsvorrichtung befindet, führen in festen äussern Hüllen zwei Kohlenhalter $K\,K_1$, von denen K die zur Bewegung des Räderwerks erforderliche Kraft durch seine Schwere liefert, indem er mit Verzahnung direct auf das Rad r_1 wirkt, welches die Bewegung auf die Räder $r_2\,r_3\,r$ überträgt. Kohlenhalter K_1 hat im obern Theile feste Lage und gestattet durch verschiebbaren, mit der Spiralfeder s verbundenen röhrenförmigen Einsatz K_2 und mehrere Gelenkverbindungen v die genaue Einstellung der untern Kohle k_1 zur obern k, welche unter dem Gehäuse frei heraustritt und sich mit dem in der cylindrischen Hülle befindlichen Halter K nach Bedarf senkt.

E ist der Elektromagnet, mit einem in Stiftführung beweglichen Anker a, der in Gelenkverbindung eine besondere leichte Ankerplatte führt, welche mit gebogener Stahlfeder f verbunden ist. Anker a wird durch starke Ströme beim Beginn des Betriebes vom Elektromagneten angezogen und geht im regelmässigen Betriebe nur bei Unterbrechung des Stromes, unter Einwirkung der Spiralfeder s_1, in seine Ruhelage zurück. Die Schwankungen der Stromstärken während des Betriebes äussern sich in vibrirender Bewegung der leichten Ankerplatte und der damit verbundenen Feder f. Letztere tritt während dieser Vibrationen, je nach der Stärke der einwirkenden Ströme, mit der Peripherie des Rades r in Berührung und hemmt dann den Gang des Räderwerks, dessen Regulirung im Uebrigen an der durch Schraube s_2 einzustellenden Schleiffeder f_1 erfolgt. Erfahrungsmässig findet die Hemmung des Rades r durch die vibrirende Feder während der vollen Umdrehung 8 bis 10mal statt, wobei der Kohlenhalter K resp. die Kohle k 0,1 mm sinkt, so dass dieselbe in den Einzelbewegungen 0,0125 bis 0,01 mm in den Lichtbogen eintritt, während, nach Annahme des Erfinders, bei andern Regulirungs-

methoden das jedesmalige Nachrücken der Kohle 3,2 bis 2,5 mm beträgt. Derselbe wirft andern Systemen vor, dass die Lichtstärken in zu weiten Grenzen schwanken, das Licht mit Geräusch und in wechselnder Farbe brenne, sowie dass bei plötzlich zu weiter Annäherung der Kohlenspitzen Stücke aus denselben ausspringen. Er erblickt den Grund theils in der Zubereitung der Kohle, theils in ungenügender Leistung der Maschinen, in 9 von 10 Fällen aber in der Regulirungsvorrichtung der Lampen.

Fig. 112.



Circulirt in Crompton's Lampe kein Strom, so senkt sich die obere Kohle ungehindert auf die untere, zur directen Berührung, während beim Eintritt desselben die Bewegung des Ankers *a*, durch besonderen Eingriff, eine Rückdrehung des Räderwerkes bewirkt, wodurch die obere Kohle zur Bildung des Lichtbogens gehoben wird. Dieser Vorgang wiederholt sich, wenn aus irgend einer Veranlassung der Strom so schwach werden sollte, dass der Elektromagnet den Anker *a* nicht zu halten vermag und der Strom sich demnächst wieder verstärkt. Der Lichtbogen ist nur einige Millimeter lang und kann sich bei dieser höchst

empfindlichen Regulirung nicht merklich vergrössern. Wir wissen, dass der grössere Lichtbogen reicher ist an violetten und purpurfarbenen Strahlen als der kleinere, sowie dass das besonders geschätzte weisse, reine Licht nur in letzterem zu erzielen ist, wodurch sich Crompton's Beleuchtung auch auszeichnen soll. Dieselbe ist nur dann weniger befriedigend, wenn sich mehrere Lampen in demselben Kreise befinden. Für diesen Fall ist die mechanische Kraft der Spiralfeder s_1 durch einen kleinen Elektromagneten, mit einem Widerstande von 80 bis 100 $S.E$ ersetzt, welcher zur Differentialwirkung mit in den Stromkreis eingeschaltet ist (§. 73) und dessen Wirkung, durch Heben und Senken, den herrschenden Stromstärken entsprechend regulirt werden kann.

Die Länge der Kohlen gestattet eine Brennzeit von 6 bis 8 Stunden, und für die längere obere Kohle ist, zur gleichmässigen Erhaltung des Widerstandes, innerhalb der cylindrischen Hülle des Kohlenhalters K ein schleifender Platincontact angebracht, welcher den Anschluss des Stromkreises vermittelt.

Nach neuern Mittheilungen soll sich diese Lampe bei Beleuchtung von Bahnhöfen in England, im Betriebe mit Bürgin's Drei-Lichtmaschine, (§. 35) recht gut bewährt haben; vier dieser Maschinen unterhielten 12 Lampen (drei im Kreise), deren jede, bei einem mechanischen Aufwand von $1^1/_2$ Pferdekraft, 4000 Normalkerzen Lichtstärke lieferte, und 1700 qm Bodenfläche beleuchtete.

Der grösste Kreis hatte einschliesslich der Rückleitung eine Länge von 550 m und die Zuführungen waren aus blankem Kupferdraht von 4,3 mm Stärke auf Stangen gebildet.

Die drei hinter einander geschalteten Lampen eines Kreises hatten einschliesslich

Kohlen und Lichtbogen einen Widerstand von . . .	9,36	$S.E$
der Widerstand der Maschine war	2,80	„ „
„ „ der Leitungsdrähte	1,10	„ „
Summa	13,26	$S.E$

für den ganzen Kreis. Der Widerstand der Kohlen und Lampenwindungen betrug 0,60 $S.E$, also der Widerstand von drei Lichtbogen $9{,}36 - 0{,}60 = 8{,}76$ $S.E$ und der jedes einzelnen Lichtbogens $\frac{8{,}76}{3} = 2{,}92$ $S.E$, die Stromstärke bei 1500 bis 1600 Touren pro Minute und 200 D elektromotorischer Kraft

(S. 41) $\frac{200}{13{,}26} = 15$ Weber's. Die geleistete Arbeit des Stromes ist nach dem Joule'schen Gesetz (§. 7) $= J^2 W$. Die Werthe für J und W in Weber's und $S.E$ ausgedrückt giebt für den Lichtbogen $15^2 \times 2{,}92$; und das Product dividirt durch die Pferdekraft in Kilogrammmetern (75) und durch die Schwerkraft in Metern (9,81) liefert die im Lichtbogen verbrauchte Energie in Pferdekräften, also zu $\frac{15^2 . 2{,}92}{75 . 9{,}81} = 0{,}89$ (S. 58).

Die Anordnung war so getroffen, dass sich beim Verlöschen einer Lampe ein künstlicher Widerstand von der Grösse des ausgetretenen Theiles automatisch einschaltete, und zwar einfach dadurch, dass der Anker einen Elektromagneten, welcher bei brennendem Licht angezogen, beim Verlöschen desselben in seine Ruhelage zurücktritt, wobei ein Contact geschlossen wird, der dem Strom den neuen Weg öffnet, welcher den künstlichen Widerstand enthält.

§. 55.

Elektrische Lampe von Wood.

James Wood verbindet in seiner Construction (Fig. 113) das gesammte Räderwerk $r r_1 r_2$ mit dem um x drehbaren Anker a des Elektromagneten E.

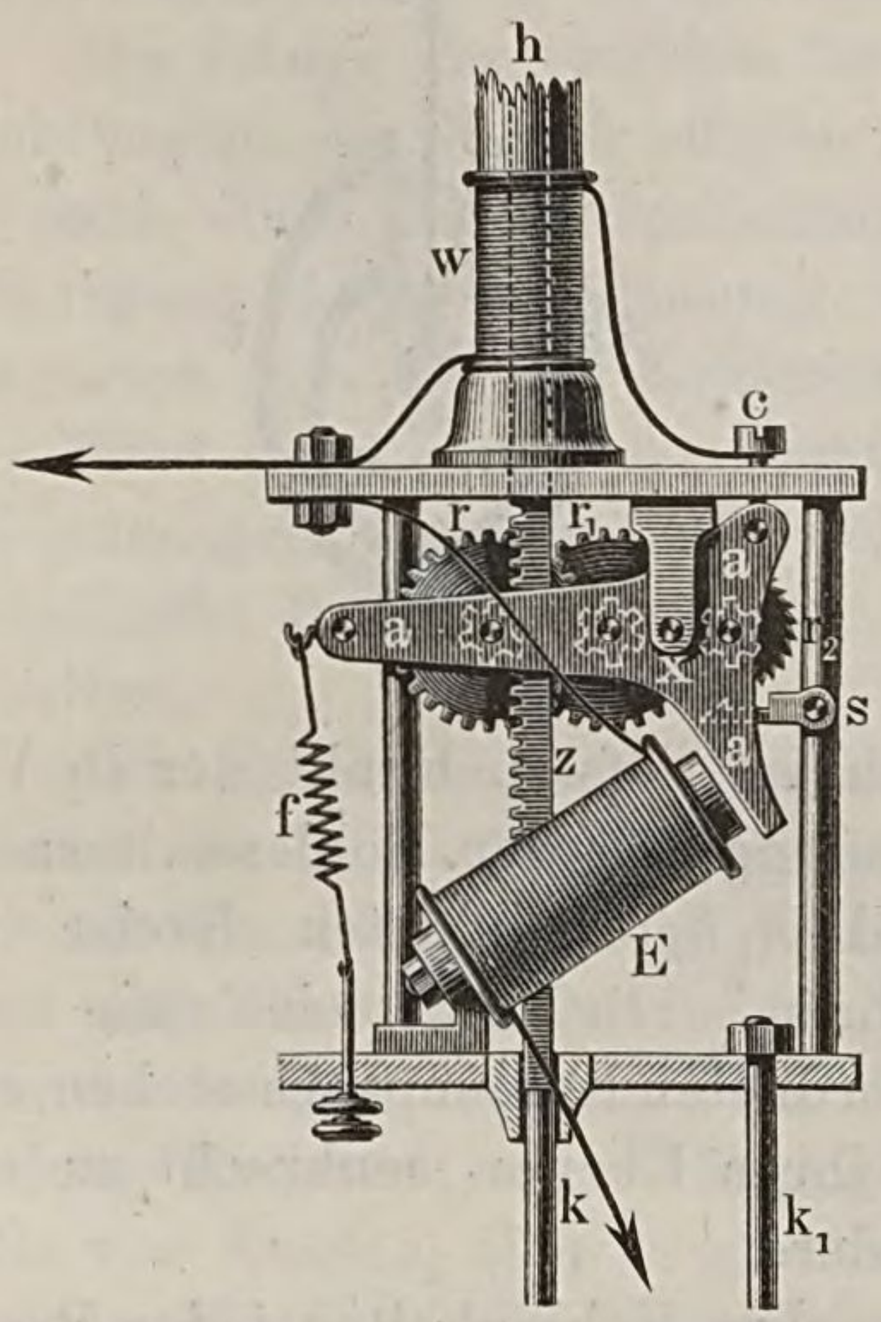
Die Zahnstange z greift in den Trieb des Rades r und trägt den oberen Kohlenhalter k, während der untere k_1 mit dem Lampengestell in fester Verbindung steht. Eine Säule h dient zur Befestigung der Lampe an der Decke des zu beleuchtenden Raumes. In diese Säule tritt der Strom ein, führt durch die damit leitend verbundene Zahnstange z, den oberen Kohlenhalter, dessen Kohle, und wenn beide Kohlen in Berührung oder das Licht brennt, durch die untere Kohle, über k_1 durch die Windungen des Elektromagneten E nach dem zweiten Pole der Elektricitätsquelle.

Bei dem Widerstande, begrenzt durch die directe Berührung beider Kohlenspitzen und die normale Länge des Lichtbogens ist Anker a vom Elektromagneten angezogen, damit Rad r_2 durch

den Stift *s* gehemmt und, in der Uebertragung auf r_1 und *r*, die durch Eigengewicht sinkende Zahnstange *z* arretirt.

Sobald sich durch den Kohlenverbrauch der Lichtbogen vergrössert, wird Anker *a* durch die Gegenkraft der Feder *f* abgerissen, das Räderwerk zur Bewegung frei, und die Zahnstange senkt sich mit der daran befestigten obern Kohle bis zur normalen Länge des Lichtbogens, wobei der Ankeranzug wieder erfolgt.

Fig. 113.



Zur Erhöhung der Sicherheit schliesst sich beim Rückgang des Ankers, indem derselbe mit der Contactschraube *c* in Verbindung tritt, ein Nebenzweig des Stromes; derselbe führt von k_1 durch den Körper des Triebwerks über *c*, durch die dem Widerstande des Lichtbogens angepassten Drahtwindungen *w*, womit dem Verlöschen des Lichtbogens vorgebeugt werden soll.

§. 56.

Elektrische Lampe von Heinrichs.

Von allen bis jetzt betrachteten Formen gänzlich abweichend ist Heinrichs Lampe construirt (Fig. 114 und 114a, a. f. S.). Die inneren Theile derselben zu erkennen, haben wir das Lampengestell, welches die Glasglocke *g* trägt, soweit erforderlich ausgebrochen.

Es kommen hier nicht wie bisher zwei, sondern vier Kohlenstäbe[1]) in Anwendung, ein Paar *kk* in ausgerundeter Form

[1]) Kohlenstäbe mit rundem Querschnitt 13 mm Durchmesser. In neuerer Zeit ist der rechteckige Querschnitt gewählt 14 mm breit und 12 mm hoch.

für den positiven und ein senkrecht dazu gestelltes gleichgeformtes Paar $k_1 k_1$ für den negativen Pol, deren freie Enden

Fig. 114.

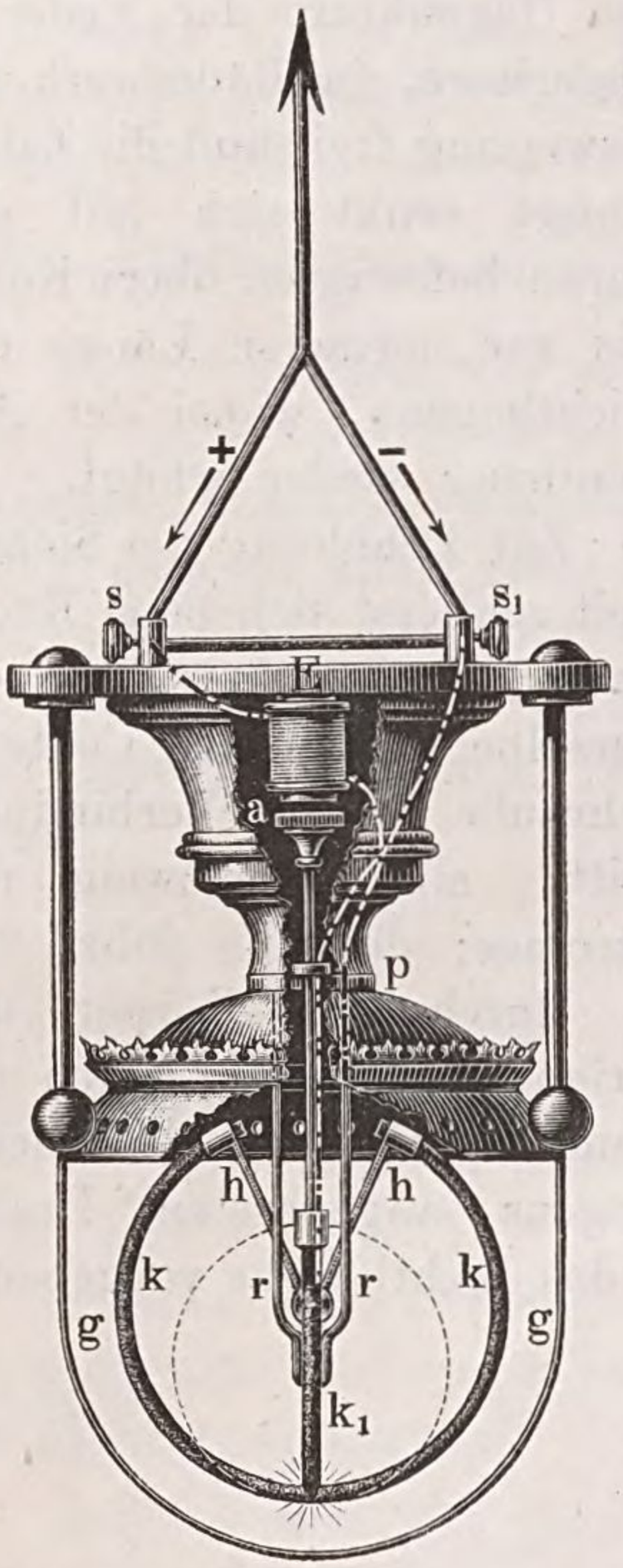
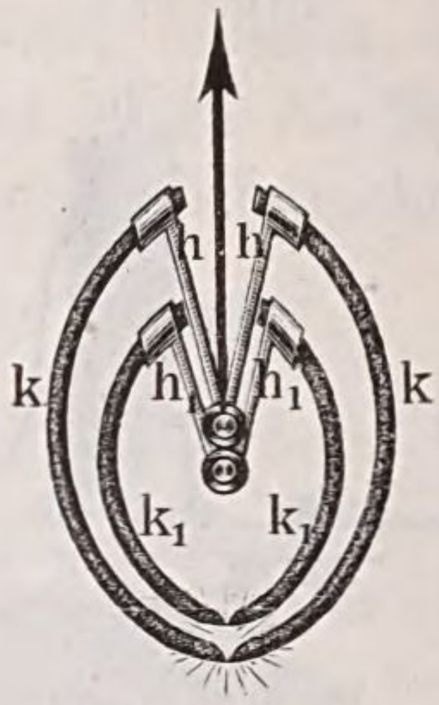


Fig. 114 a.



sich im tiefsten Punkt der in Verbindung mit den Kohlenhaltern $h h$ und $h_1 h_1$ gebildeten Kreise berühren. Beide kreisförmig angeordneten Kohlenpaare stehen also in ihren Ebenen senkrecht zu einander.

Die Kohlenhalter jedes Paares haben einen gemeinschaftlichen Drehpunkt im Metallrahmen $r r$, welcher von einer Platte p des Lampengestells getragen wird. Durch diese Platte führt eine Stange des Ankers a des Elektromagneten E, welche an die Halter $h_1 h_1$ des negativen Kohlenpaares anschliesst.

Der positive Strom tritt aus dem Aufhängungskabel an die Schraube s, geht durch die Elektromagnetwindungen, über den Rahmen $r r$ an die Halter $h h$, in die Kohlen $k k$ und, bei Berührung beider Kohlenkreise, durch $k_1 k_1$, die Ankerstange, Platte p nach Schraube s_1 resp. den zweiten Pol der Elektricitätsquelle. Anker a wird angezogen, hebt den negativen Kohlenkreis $k_1 k_1$ um einige Millimeter, wodurch sich am Kreuzungspunkt beider Kohlenkreise zwischen den vier Kohlenspitzen das Licht bildet. Der Verbrauch derselben findet in jedem Kreise gleichmässig statt, und

nach Maassgabe dieses Kohlenverbrauchs senken sich die Kohlen durch eigene Schwere und das Gewicht ihrer Halter zur steten Bewahrung des Contactes unter den brennenden Spitzen jedes Kohlenpaares. Fig. 114 a zeigt die Lage der Kohlenkreise bei brennendem Licht in entsprechender Drehung der Lampe.

Die Länge des zwischen beiden Kohlenkreisen erscheinenden Lichtbogens erhält sich offenbar gänzlich unverändert, ohne dass es dazu einer Regulirvorrichtung bedarf. Verlischt das Licht aus irgend einer Veranlassung, so fällt der Anker vom Elektromagneten *E* ab, beide Kohlenkreise treten in directe Berührung zur Wiederherstellung des Lichts in gleichem Vorgange, bis zum vollständigen Verbrauch der Kohlen, wobei die Halter in directe metallische Berührung kommen, also den Stromkreis geschlossen erhalten.

Die Construction ist ausserordentlich einfach. Der Durchmesser der Kohlenkreise beträgt 0,305 und 0,203 m, ihre Brennzeit 20 Stunden und mehr, je nach der Stärke des Lichts [1]). Wie weit sich diese Lampe in der Praxis bewährt, wird erst noch erprobt werden müssen. Die Idee ist eigentlich durch die Erfindung Rapieff's (§. 73) gegeben. Derselbe verwendet ebenfalls vier Kohlen, aber in gerader Form, indem er je ein Paar im spitzen Winkel so zusammenstellt, dass sich die Spitzen stets berühren. Beide Paare stehen mit ihren Spitzen in verticaler Richtung gegenüber und werden ebenfalls durch den Ankeranzug, zur Unterhaltung des Lichts in unveränderlicher Entfernung auseinander gehalten. Die unveränderliche Lage sichert Rapieff durch einfache Rollenführung mit Gewichtbelastung in der Weise, dass die darin gegebene Spannung nicht nur den Contact der Spitzen jedes Kohlenpaares dauernd erhält, sondern auch in der Unveränderlichkeit des Winkels, unter welchem die Kohlenstäbe jedes Paares zusammentreffen, ein gleichmässiges, dem Kohlenverbrauch entsprechendes Nachschieben der Kohlenpaare erfolgt.

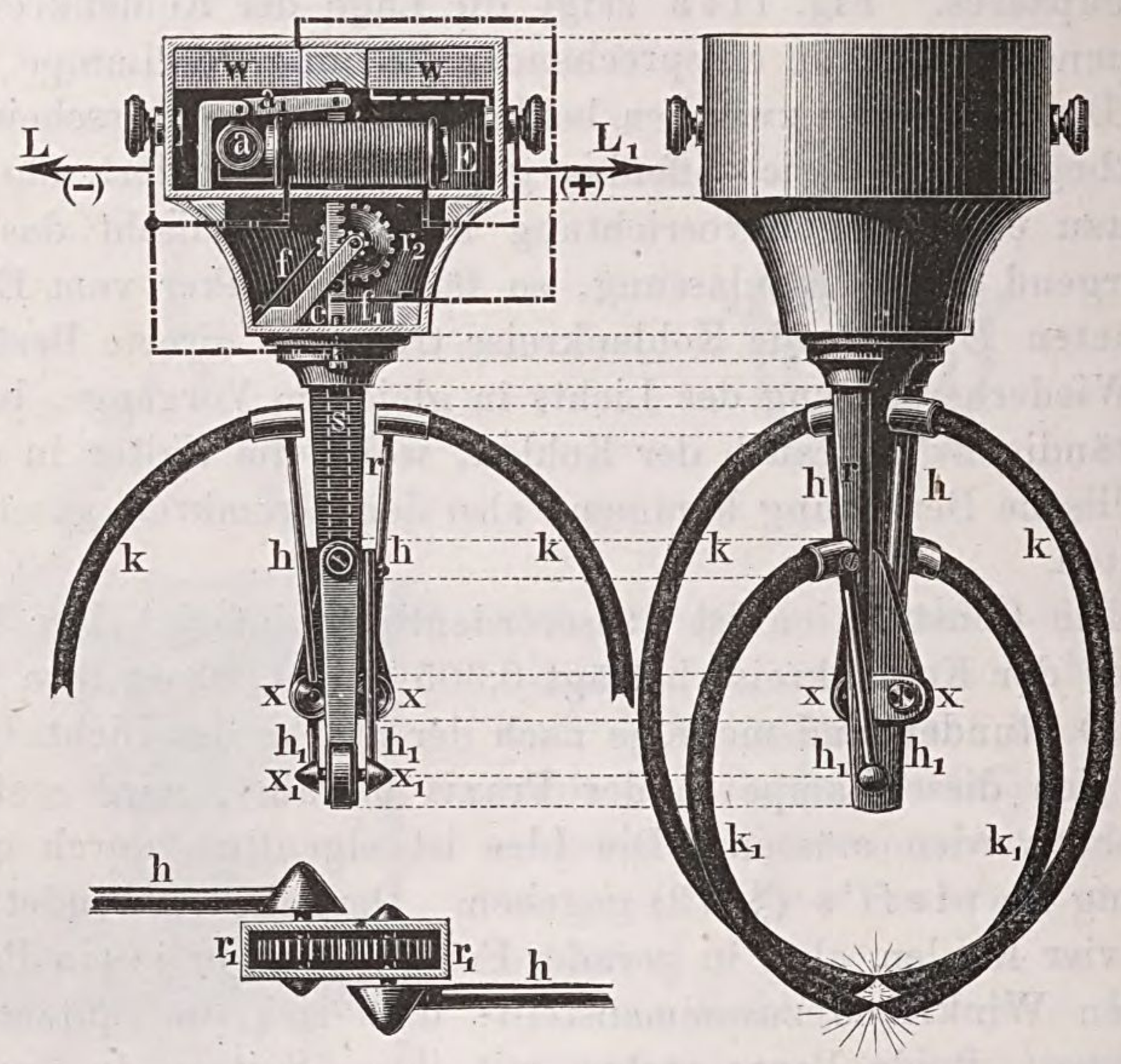
Die Zuführung des Stromes findet bei Rapieff unmittelbar an den Spitzen derselben statt; wogegen sich bei Heinrichs der Widerstand der Kohlen mit dem Verbrauch ändert, obgleich dieser Widerstand allgemein dadurch vermindert wird, dass die Kohlen jedes Paares parallel geschaltet sind (S. 14).

---

[1]) Ueber die Lichtstärken giebt §. 25 Auskunft.

Nach neueren Mittheilungen ist die Construction Heinrichs bereits modificirt. Fig. 114 b zeigt das veränderte Arrangement.

Fig. 114 b.



kk ist das obere positive Kohlenpaar, dessen Halter hh ihren Drehpunkt in xx haben; die Drehung erfolgt innerhalb des getrennt dargestellten kleinen Rahmens r_1 und, zur Sicherung der gleichmässigen Bewegung, unter gegenseitigem Eingriff zweier auf den Achsen befestigter Triebe. Dieser kleine Rahmen wird von einer Schiene s getragen, welche an dem langen Arm a_1 eines Winkelhebels anschliesst, dessen kurzen Arm der cylinderische Anker a des liegenden Elektromagneten E bildet. Durch den beim Eintritt des Stromes erfolgenden Ankeranzug wird die Schiene s und das damit verbundene obere Kohlenpaar zur Bildung des Lichtbogens gehoben. Das untere negative Kohlenpaar $k_1 k_1$ (Halter $h_1 h_1$) dreht sich in ähnlicher Weise innerhalb des grösseren Lampenrahmens r um $x_1 x_1$. Damit die beim Eintritt und bei der Unterbrechung des elektrischen Stromes stattfindende Bewegung des obern Kohlenpaares nicht zu heftig

erfolgt, ist die Schiene s mit einigen Zähnen versehen, welche in einen Trieb des Zahnrades r_2 eingreifen, dessen Drehung an der auf dem Mittelpunkt des Rades gerichteten Feder f den erforderlichen Widerstand findet.

Ueber dem Elektromagneten E liegt eine Drahtrolle w, deren Leitungswiderstand etwa dem Widerstand des Lichtbogens entspricht. Dieselbe schaltet sich in den Lichtkreis ein, sobald das Licht aus irgend welcher Veranlassung erlischt. Zu diesem Ende ist die Schiene s dicht unter dem Zahnrade r_2 mit einem Stift versehen, welcher beim Senken derselben gegen die Feder f_1 drückt und dieselbe gegen die Contactschraube c führt. Dadurch wird, wie an der durch gebrochene Linien markirten Drahtführung zu verfolgen, der elektrische Strom, behufs Ersatzes des mit dem Lichtbogen ausgetretenen Widerstandes, von L_1 durch ww über $f_1 c$ direct nach L geleitet. Dieser Weg ist für den Strom in der Regel aber nur sehr kurze Zeit geöffnet, weil mit dem Senken des obern Kohlenpaares alsbald die directe Berührung mit dem untern Kohlenpaar eintritt, womit die Schiene s wieder gehoben resp. das Licht wieder entzündet wird. Dasselbe befindet sich selbstverständlich innerhalb der durch den Elektromagnet E führenden Leitung oder in einer Zweigleitung derselben (§. 73).

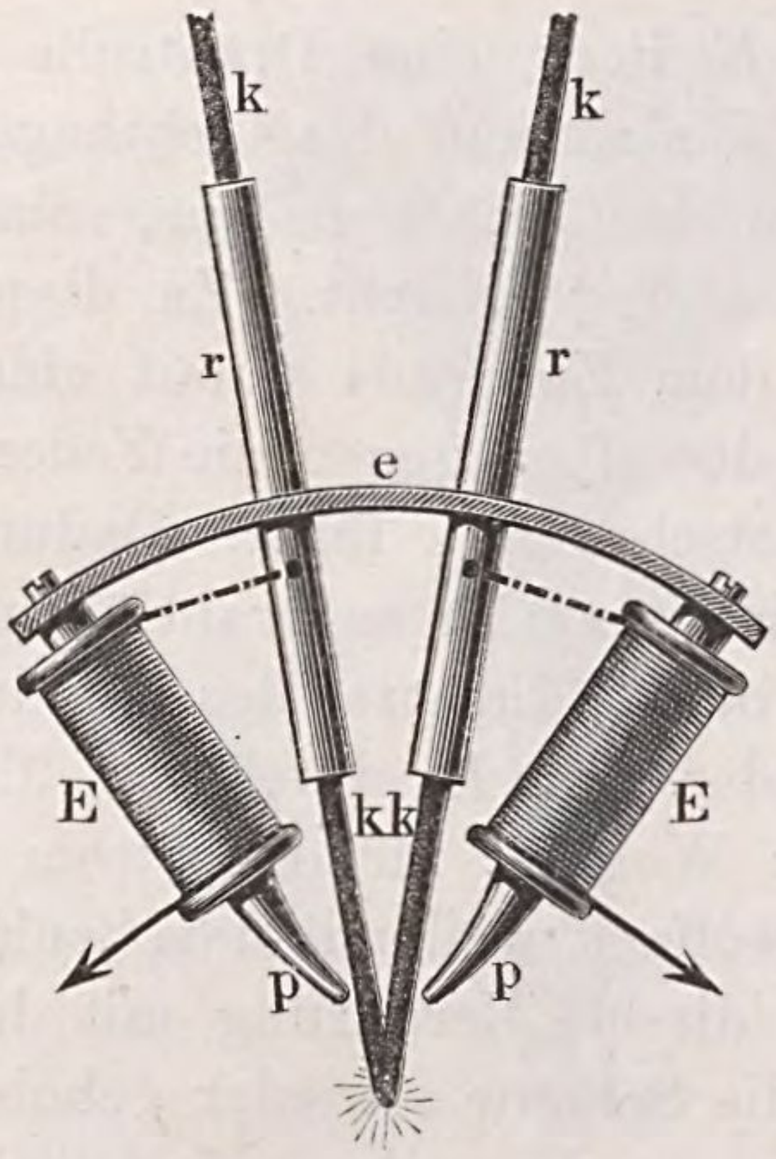
§. 57.

Elektrische Lampe von Lescuyer.

Aehnlich ist die Lampe Lescuyer (Fig. 115 a. f. S.), in welcher zwei Kohlenpaare mit ihren Spitzen gegenübergestellt sind, zwischen denen das Licht brennt. Unsere Figur zeigt eins der beiden Kohlenpaare. kk sind die durch eigene Schwere in den Röhren rr unter demselben Winkel unten zusammenlaufenden Kohlenstäbe; EE sind zwei Elektromagnete, deren magnetisirte Kernpole pp den Lichtbogen (beweglicher vom Strom durchflossener Leiter) an der Spitze der Kohlen zurückhalten. Zwei solcher Kohlenpaare stehen sich ebenso, wie die Kohlen eines Paares, also seitlich gegenüber, und zwar das eine in fester Lage, das andere im Gelenk beweglich, so dass sich die Kohlenspitzen beider Paare berühren würden, wenn dies nicht durch die Wir-

kung einer Spiralfeder auf das bewegliche Kohlenpaar verhindert wäre. Die dadurch gebildete Spannung hält die Kohlenspitzen soweit auseinander, als die normale Lichtbogenlänge betragen soll, während ein besonderer, an dem Verbindungsstück beider Kohlenpaare befestigter Elektromagnet die zum Entzünden der Lampe erforderliche Berührung bewirkt. Dieser Elektromagnet liegt in einem Zweige des durch die Kohlen führenden Hauptstroms. Derselbe findet bei nicht brennendem Licht nur den Weg durch diesen Zweig frei und bringt den Anker zum Anzug, dessen Bewegung sich auf das drehbare Kohlenpaar überträgt. Sobald dadurch die Berührung unter den Kohlenspitzen hergestellt ist, schwächt sich der Zweigstrom in dem Maasse, dass die Wirkung seines Elektromagneten aufhört, das bewegliche Kohlenpaar zurücktritt, womit sich das Licht bildet. Derselbe Vorgang wiederholt sich bei etwaigem Verlöschen des Lichts während des Betriebes. Eine eigentliche Regulirung zur Erhaltung der normalen Länge des Lichtbogens ist also auch hier nicht vorhanden.

Fig. 115.



Zur Verminderung des Kohlenwiderstandes und zur gleichmässigen Erhaltung desselben führt Lescuyer die Kohlen in der Nähe ihrer Spitzen durch Metallrollen, welche mit den Metallröhren *r r* in Verbindung stehen.

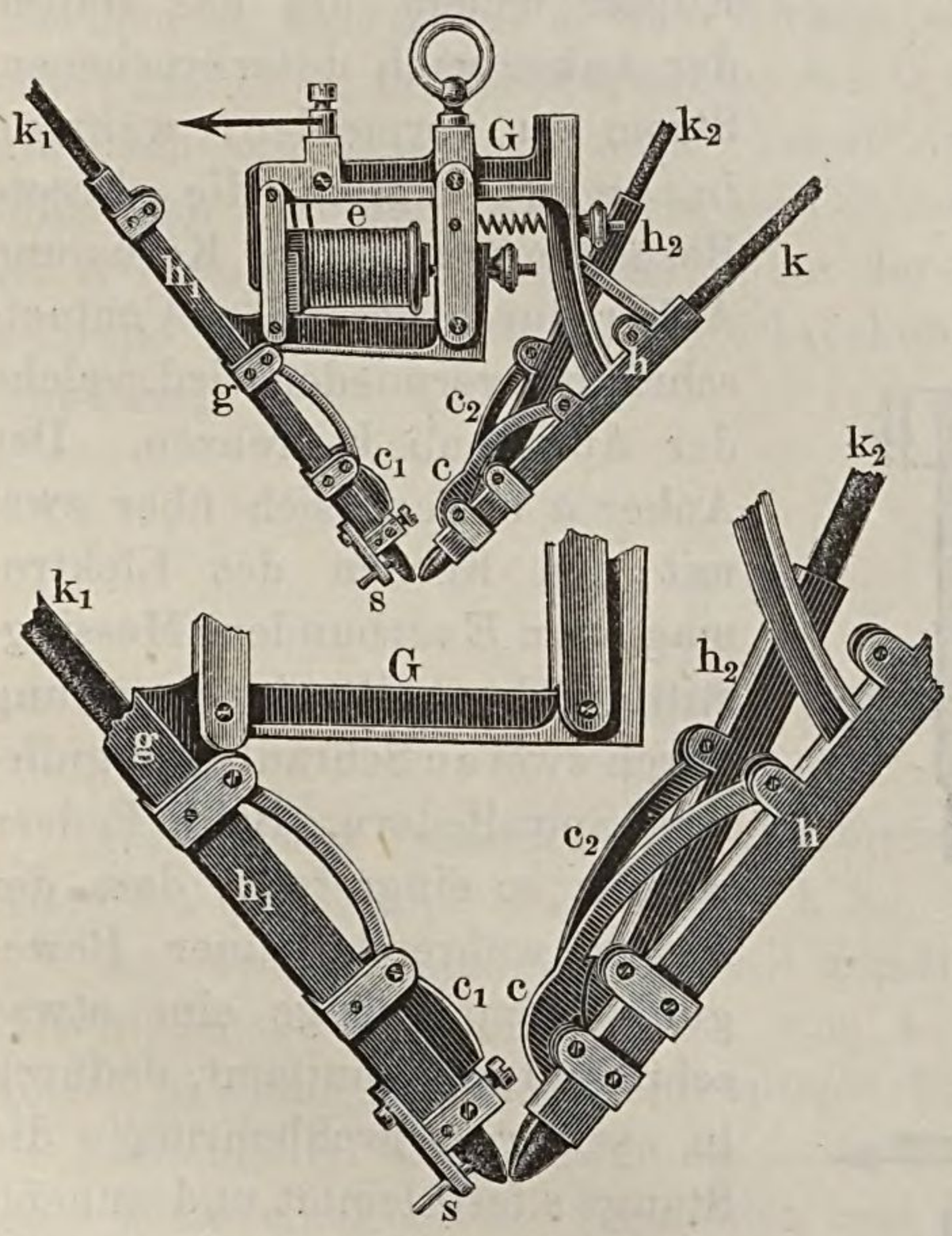
§. 58.

Elektrische Lampe von Hedges.

Hedges lässt drei Kohlenstäbe in ihren Spitzen unter Winkeln zusammenlaufen (Fig. 116) und zwar zwei stärkere $k\,k_1$ und eine schwächere k_2. Dieselben gleiten in muldenförmigen, oben offenen Haltern $h\,h_1\,h_2$. Die Halter h und h_2 sind mit dem

Gestell G fest verbunden, der Halter h_1 ist dagegen im Gelenk g beweglich. Letzterer steht mit dem Anker des Elektromagneten e in Verbindung und wird durch dessen Anzug, bei circulirendem Strom, soweit seitlich geführt, dass sich der Lichtbogen bilden kann. Sämmtliche drei Kohlenstäbe senken sich durch ihr Gewicht. Die Spitze der dünnern Kohle k_2 trifft dabei mit der Spitze der Kohle k zusammen und beide Kohlen hemmen dadurch ihre weitere Bewegung; erstere verbrennt aber, bei geringerer Masse schneller, und nach Maassgabe dieses Verbrauchs sinkt die Kohle k nach. Auf die Spitze der Kohle k_1 drückt dagegen seitlich ein mit dem Halter h_1 verbundener Platinstift s, so dass dieser Kohlenstab nur so weit nachsinken kann, als sich der Durchmesser des Spitzenkegels während des Brennens vermindert. Diese Anordnung ist aber nur für die negative Kohle zulässig, weil der grössere Hitzegrad der positiven Kohle den Platinstift zerstören würde. Der Strom tritt über die Metallhalter hh_1h_2 und mittelst besonderer, beweglicher, damit verbundener Contactvorrichtungen cc_1c_2 nahe über den Spitzen in die Kohlenstäbe ein. Sollen mehrere solcher Lampen im Kreise brennen, so tritt in Stelle des Elektromagneten e eine Spirale, durch welche dann ein Zweigstrom aus dem Lichtkreise circulirt.

Fig. 116.



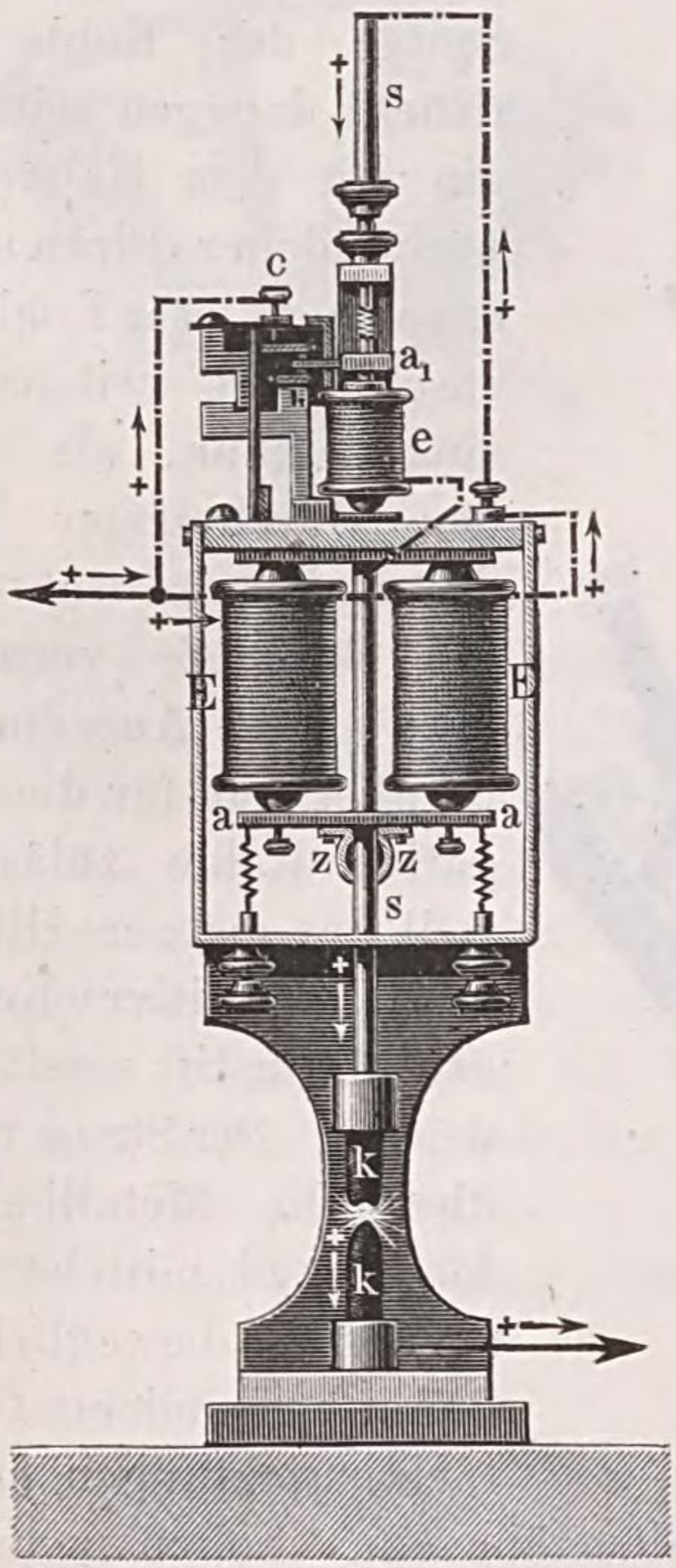
Derartige Constructionen verdienen insofern Beachtung, als damit die unveränderliche Länge des Lichtbogens in einfachster Weise, bei Anwendung continuirlicher Ströme, zu erhalten ist.

§. 59.

Elektrische Lampe von Barton.

Barton's Construction (Fig. 117) führt zwei Elektromagnete, E mit geringem, e mit grossem Widerstand, durch deren Anker a und a_1, in entsprechender Durchbohrung, eine Metallstange s frei hindurchgeht, welche die obere Kohle k trägt. Die Eisenkerne beider Elektromagnete sind mit Kupfer belegt, um das Haften der Anker nach unterbrochenem Strom zu vermeiden, während in andern Fällen die directe Berührung zwischen Kern und Anker durch besondere Contactschrauben vermieden wird, welche der Ankerhub begrenzen. Der Anker a bewegt sich über zwei mit den Kernen des Elektromagneten E verbundene Messingstifte und erhält seine Spannung durch zwei an Schrauben regulirbare Spiralfedern. Beide Federn werden so eingestellt, dass der Anker während seiner Bewegung beim Anzuge eine etwas schräge Lage annimmt, dadurch in seiner Durchbohrung die Stange s festklemmt und anhebt, welche nur dann frei zurückgleiten kann, wenn sich der Anker in Berührung mit den Elektromagnetkernen normal zur Stange s einstellt. Dieses Zurückgleiten durch Eigengewicht, verhindert aber eine Federzange z, welche die Stange s einklemmt.

Fig. 117.



Aehnlich ist Anker a_1 des Elektromagneten e eingerichtet, so dass die Stange auch der Bewegung dieses Ankers folgt, sobald

derselbe durch den in *e* circulirenden Strom zum Anzug gebracht wird. Der positive Strom führt durch den Elektromagnet *E*, Stange *s* und beide Kohlen nach dem negativen Pol der Elektricitätsquelle. Ein Zweigstrom fliesst über die Contactschraube *c* durch die Windungen des Elektromagneten *e* und vereinigt sich in der Stange *s* wieder mit dem Hauptstrom. Dieser Zweigstrom wird aber durch den Anzug des Ankers a_1 unterbrochen. Anker *a* hebt die Stange *s* lediglich zur Bildung des Lichtbogens, während dessen Regulirung dem Anker a_1 zufällt. Sobald nämlich durch Vergrösserung des Lichtbogens der Widerstand im Hauptkreise wächst, verstärkt sich der Zweigstrom in dem Maasse, dass Anker a_1 vom Elektromagnet *e* angezogen wird, wobei Stange *s*, in Ueberwindung des Druckes der Federzange *z*, mit nach unten bewegt wird. Durch den Anzug des Ankers a_1 öffnet sich aber der Zweigkreis am Contact *c* und a_1 gleitet unter der Wirkung seiner Spiralfedern über der Stange *s* wieder zurück, während Anker *a* erst bei Unterbrechung des Hauptkreises zurückfedert.

§. 60.

Elektrische Lampe von Harrison.

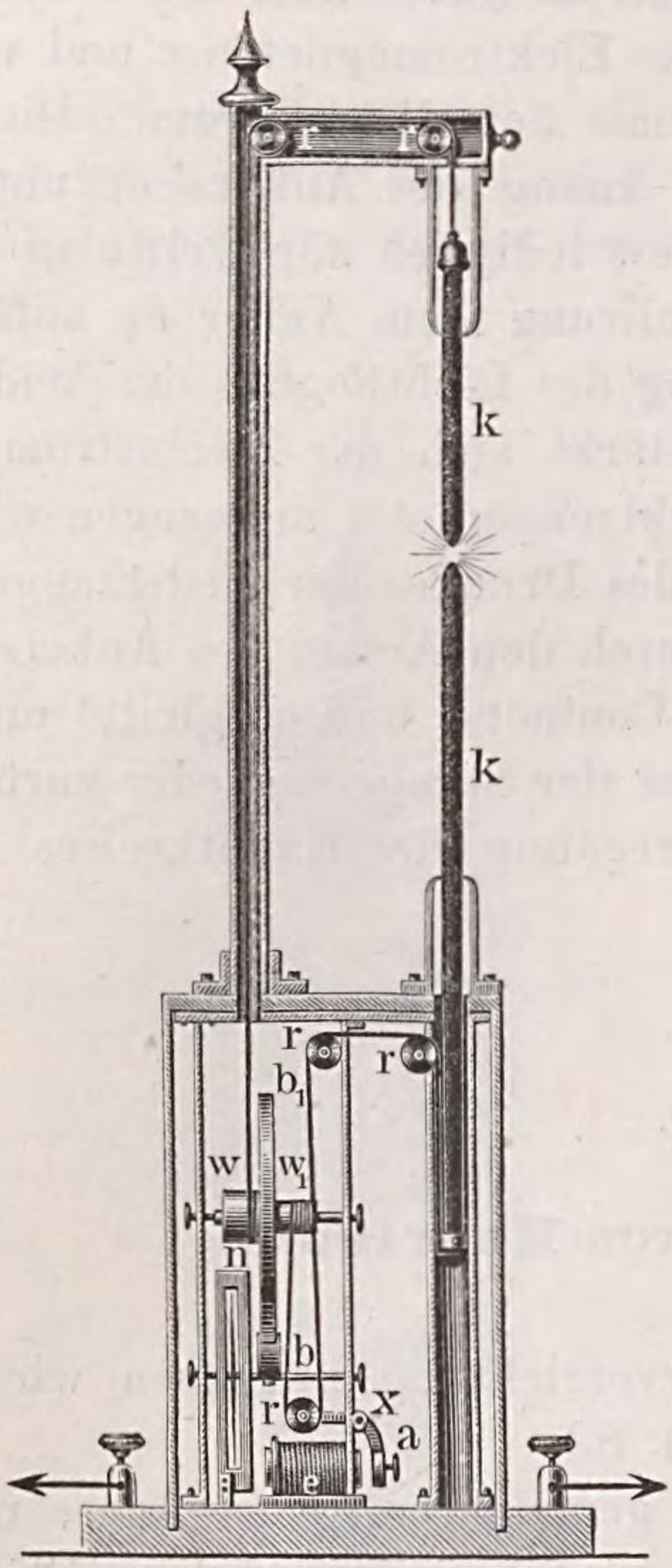
Einer ganz besondern Regulirvorrichtung begegnen wir in Harrison's Lampe (Fig. 118 a. f. S.).

Auf zwei Trommeln ww_1 mit gemeinschaftlicher Achse und verschiedenem Durchmesser ist ein biegsamer Leiter (Draht, Kette) gewunden, welcher in entsprechender Rollenführung *rr* die Kohlenhalter trägt. Eine der Leitrollen *r* ist mit dem Anker *a* eines Elektromagneten *e* verbunden und gestattet eine Bewegung aus dem Drehpunkt *x* dieser Verbindung. Unter der Trommel *w* befindet sich ein kleiner mit isolirtem Draht bewickelter Rahmen *n*, in welchem auf horizontaler Achse eine Magnetnadel schwingen kann, der die auf derselben Achse befestigte Bremse *b* folgt, welche auf das mit der Trommelachse verbundene Bremsrad b_1 wirkt.

Der positive Strom führt in passender Verzweigung durch die Windungen des Rahmens *n*, des Elektromagneten *e*, über die Trommel *w* durch den biegsamen Leiter, die in ihren Spitzen oder

durch den Lichtbogen verbundenen Kohlen *k k*, nach dem negativen Pol. Der in den Elektromagnetwindungen circulirende Strom bringt den Anker *a* zum Anzug, die mit demselben verbundene Leitrolle hebt sich, und damit laufen die Kohlenspitzen zusammen. Die dadurch bewirkte Widerstandsverminderung verstärkt den Strom in den Windungen des Rahmens *n* in dem Maasse, dass die Magnetnadel ablenkt, deren Bremsklotz *b* dabei gegen das Bremsrad b_1 drückt und die Trommeln $w\,w_1$ resp. die Kohlen *k k* zum Stillstand bringt; damit vergrössert sich, in Folge des weitern Kohlenverbrauchs, der Widerstand, die Nadel tritt wieder zurück und die weitere regulirende Bewegung kann sich fortsetzen. In der uns zugegangenen Beschreibung ist weder die Stromverzweigung in dieser Lampe, noch die Wirkung im Verlauf der Thätigkeit specieller behandelt; nach Betrachtung einer grossen Zahl verschiedener Constructionen dürften aber Zweifel über den Gang der Regulirung, bei der Wahl passender Zweigwiderstände, ausgeschlossen sein. Die Art der Regulirung ist neu und in ihrer Einfachheit beachtenswerth.

Fig. 118.

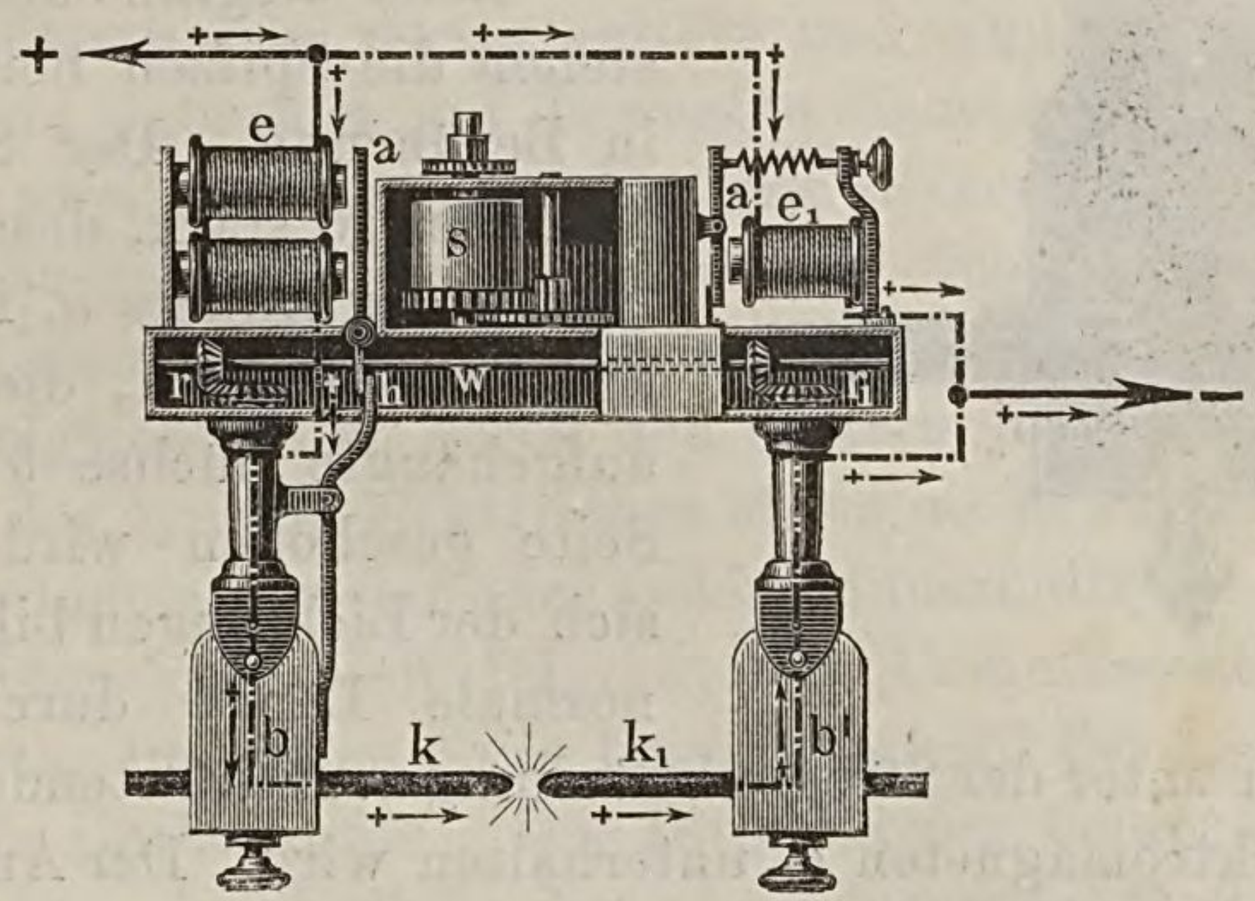


§. 61.

Elektrische Lampe von Mersanne.

Mersanne bedient sich in seiner Lampe (Fig. 119) eines Uhrwerkes zur Bewegung der Kohlenstäbe gegen einander, während

Fig. 119.

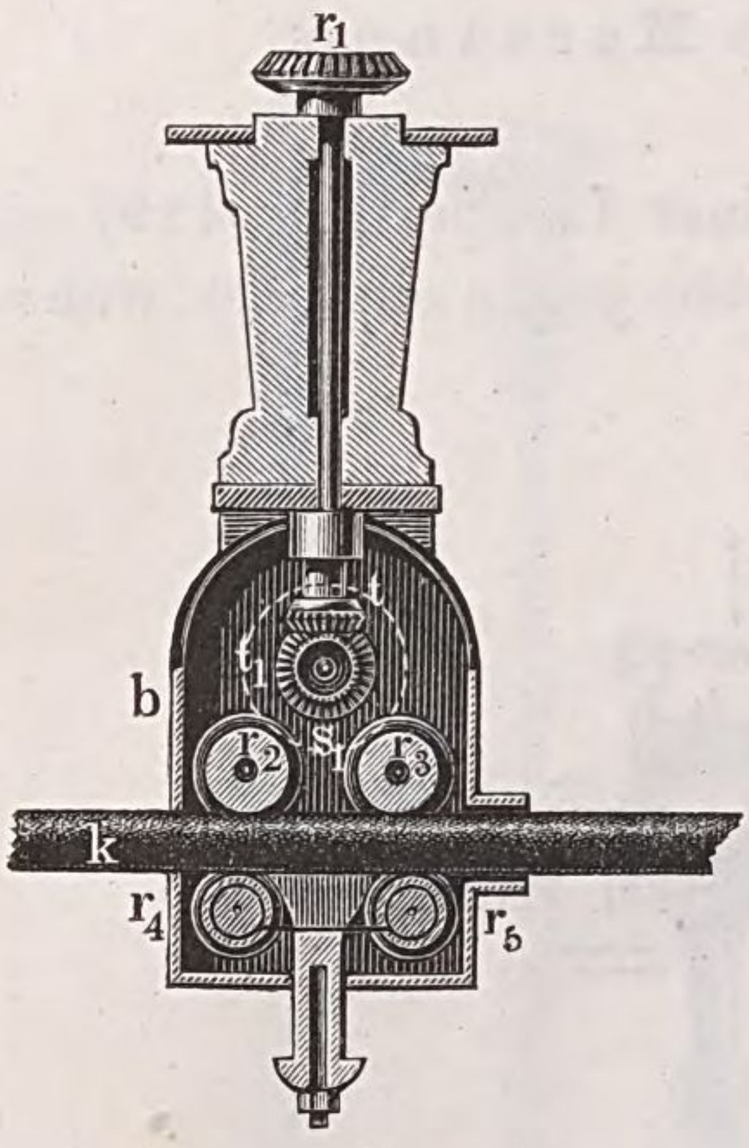


dem Strom die Bildung des Lichtbogens und dessen Regulirung übertragen ist. s ist das Gehäuse der Triebfeder, durch deren Aufzug ein Räderwerk in mehrfacher Uebersetzung drehend auf die aus zwei Theilen bestehende, verkuppelte Welle w wirkt. An beiden Enden dieser Welle befindet sich ein konisches Zahnrad r, welches in ein ähnliches Rad r_1 auf vertical gestellter Achse eingreift. Letztere führt, wie aus Fig. 119 a (a. f. S.) besser zu erkennen, durch ein Säulchen in eine Büchse b und endet in einem konischen Triebe t, der durch Eingriff in den gleichgeformten Trieb t_1 eine auf horizontaler Achse befestigte Frictionsscheibe s_1 dreht, welche wiederum zwei Frictionsrollen $r_2 r_3$ treibt. Dieselben pressen gegen den auf der andern Seite durch verstellbare Röllchen $r_4 r_5$ unterstützten Kohlenstab k und schieben ihn gleichmässig seitwärts, so lange das Uhrwerk zur Bewegung frei ist.

Diese Einrichtung ist für beide Büchsen $b b^1$ gleich, aus denen die Kohlen $k k_1$ einander entgegen laufen.

Der positive Strom führt durch die Windungen des Elektromagneten e, mit geringem Widerstand, und durch beide Kohlen zum Anschluss an den negativen Pol der Elektricitätsquelle resp. die folgende Lampe, während die Windungen des Elektromagneten e_1, mit grösserm Widerstande, in einem Zweige dieses Stromes liegen.

Fig. 119 a.



Beim Beginn des Betriebes stehen die Spitzen beider Kohlen in Berührung. Der Strom in e ist dabei so stark, dass durch den Anzug des Ankers a, in der Wirkung auf Hebel h, die beweglich aufgehängte Büchse b etwas zur Seite geschoben wird, wodurch sich der Lichtbogen bildet, dessen normale Länge durch vereinte Wirkung der unter der Stromschwächung zurücktretenden Büchse b und des Elektromagneten e_1 unterhalten wird. Der Anker a_1 des letzteren greift in ein Sternrad, als letztes Glied des Uhrwerks, und hemmt dasselbe. Diese Hemmung wird aber jedesmal dann aufgehoben, wenn durch genügende Verstärkung des Stromes innerhalb der Windungen des Elektromagneten e_1, also unter gewisser Verlängerung des Lichtbogens, der Anker a_1 zum Anzug kommt.

Findet daher der eintretende Strom etwa die Kohlen nicht in Berührung, also den Weg durch die Windungen des Elektromagneten e nicht geöffnet, so führt er in voller Stärke durch e_1, und der angezogene Anker a_1 tritt aus dem Räderwerk zurück, womit dasselbe, zur Bewegung frei, beide Kohlen zusammentreibt. Selbstverständlich erfolgt die gleiche Wirkung in dem Falle, dass der Lichtbogen zufällig verlischt, so dass sich derselbe selbstthätig wieder bilden kann.

In ähnlicher Anordnung hat Mersanne eine Lampe mit vertical gestellten Kohlenstäben construirt. Dieselbe hat eine Brennzeit von 16 Stunden und ihre Leistung soll durchaus

befriedigen. Bei guter Einstellung soll das Uhrwerk unter einmaligem Aufzuge durch 36 Brennstunden functioniren.

§. 62.

Elektrische Lampe von Sedlaczek.

Eine von Sedlaczek construirte Lampe wird durch Stösse und Erschütterungen wenig gestört und eignet sich deshalb besonders zum Gebrauch auf bewegten Fahrzeugen. Dieselbe besteht aus zwei communicirenden, mit Glycerin, Oel etc. gefüllten vertical gestellten Röhren, in denen sich dicht schliessende Kolben auf- und abbewegen, welche die Kohlenhalter tragen. Die Regulirung erfolgt entweder durch den elektrischen Strom oder durch einen von der dynamo-elektrischen Maschine bewegten Centrifugal-Regulator, indem der eine oder andere, innerhalb des Verbindungsstücks beider verticalen Röhren, die Communication zeitweise unterbricht. Im ersten Falle liegt innerhalb des Lichtkreises die regulirende Drahtspirale. Der Durchmesser beider Röhren ist so gewählt, dass der Kolben der obern (positiven) Kohle sich im Verhältniss des Verbrennens der Kohlenspitzen schneller bewegt, als der Kolben der untern Kohle. Ersterer wirkt durch seine Schwere und strebt durch den Druck auf die Flüssigkeitssäule den untern Kolben zu heben, so dass bei ungehinderter Bewegung die beiden Kohlenspitzen zusammenlaufen. Circulirt in dieser Lage der Strom, so wird durch die bekannte, anziehende Wirkung eines Elektromagneten oder einer Spirale der Kolben eines im Verbindungsrohr befindlichen Hahnes herausgezogen, wodurch sich der Raum unter der negativen Kohle erweitert, welche sich deshalb mit der Flüssigkeit senkt, während die positive Kohle in ihrer Lage verharrt, weil durch gedachte Bewegung des Hahnkolbens gleichzeitig die Verbindung zwischen beiden Röhren in der Weise aufgehoben wird, dass die Flüssigkeitssäule unter dem obern Kolben in ihrer jeweiligen Lage unverändert erhalten bleibt.

Durch das Sinken der negativen Kohle bildet sich der Lichtbogen in der normalen Länge. Nach Maassgabe des Kohlen-

verbrauchs resp. der Verlängerung des Lichtbogens tritt der Hahnkolben, in Folge der Stromschwächung, unter entsprechender Federwirkung zurück und stellt die Verbindung unter den getrennten Flüssigkeitssäulen wieder her, womit sich behufs Regulirung der normalen Länge des Lichtbogens die untere Kohle hebt, die obere senkt, während bei etwa verlöschendem Licht, also bei Unterbrechung des Stromes, der Hahnkolben gänzlich zurücktritt, die Kohlenspitzen schnell in Berührung kommen.

Bei Anwendung des Centrifugalregulators fällt diesem die Bewegung des Hahnkolbens zu. Mit dem Beginn der Bewegung der dynamo-elektrischen Maschine geht der Regulator auseinander, womit der Hahnkolben nach und nach heraustritt, also die Communication zwischen beiden Röhren eingeschränkt wird. Zuerst laufen dabei die Kohlenspitzen zusammen, und indem durch weitern Austritt des Hahnkolbens die Flüssigkeitssäule unter der negativen Kohle, somit auch diese selbst sinkt, bildet sich der Lichtbogen.

Die Drehungsgeschwindigkeit der dynamo-elektrischen Maschine, beim Beginn des Betriebes am grössten, vermindert sich bekanntlich mit dem Anwachsen des Stromes (S. 41). Bei der directen Berührung der Kohlenspitzen ist der Strom am stärksten, die Bewegung also am schwächsten, welche sich aber mit der Verlängerung des Lichtbogens resp. der dadurch bedingten Stromschwächung steigert. Da der Hahnkolben nun der Bewegung des Centrifugalregulators in der Weise folgt, dass ersterer um so mehr heraustritt je stärker und um so mehr zurückgeht, je schwächer die Drehung, so lässt sich das Spiel, behufs Regulirung der normalen Lichtbogenlänge, leicht verfolgen.

§. 63.

Elektrische Lampe von Gramme.

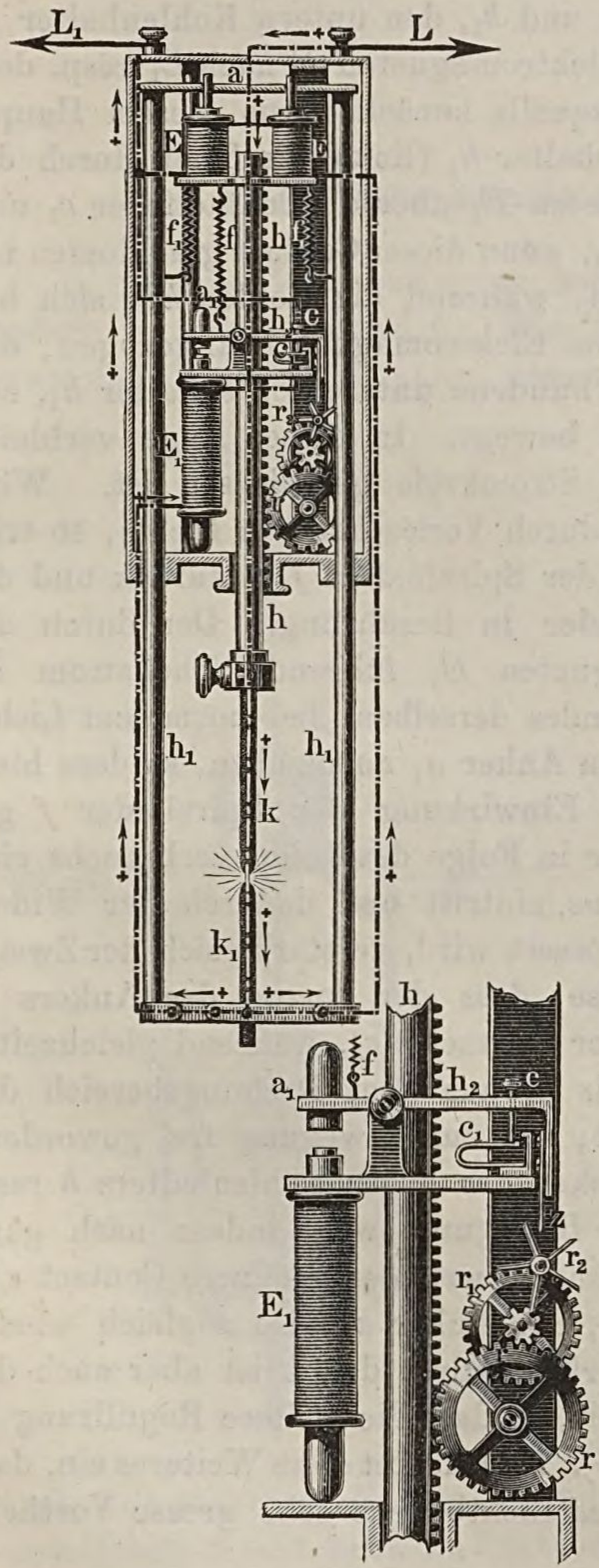
Fig. 120 zeigt eine Construction von Gramme aus neuester Zeit[1]). Die obere Kohle k ist cylindrisch, die untere k_1, zur freiern

---

[1]) „Revue industrielle“ Nr. 18 pro 1881 und Engineering, Vol. XXXIII, Febr. 24, 1882, pag. 173 liefern Specialzeichnungen von dieser Lampe mit genauen Maassangaben.

Ausstrahlung des Lichts nach unten, viereckig. Beide Kohlenhalter hh_1 sind beweglich. h ist mit einer Zahnreihe versehen, in welche das Rad r eines einfachen Werks eingreift; dieses Räderwerk ist bei normaler Länge des Lichtbogens durch Eingriff einer Zunge z in das Flügelrädchen r_2 arretirt. Der untere Kohlenhalter h_1, rahmenförmig gebildet, wird im obersten Theile durch den Anker a aus weichem Eisen verbunden, welcher unter dem Einfluss des Elektromagneten E steht, aus dessen Kernen zwei Stifte, zur Führung des Ankers bei seiner Bewegung, hervorragen.

Fig. 120.



Ein zweiter hufeisenförmiger Elektromagnet E_1, mit grossem Widerstande, regulirt den Gang des obern Kohlenhalters h durch Vermittlung des Räderwerks, indem sein Anker a_1, mit drehbarem Hebel h_2, unter Mitwirkung der Spiralfeder f, die Zunge z senkt und hebt und so das Räderwerk nach Bedarf ein- und auslöst. Während der Bewegung des Ankers a_1 resp. des Hebels h_2 schliesst oder öffnet sich im Stromwege des Elektromagneten E_1 ein Contact zwischen der Schraube c und der Con-

tactfeder c_1 und zwar in Selbstunterbrechung, deren intermittirende Wirkung besonders günstig für die Regulirung des Kohlenabstandes betrachtet wird.

Der bei L eintretende positive Strom führt durch den obern Kohlenhalter h, die Kohlen k und k_1, den untern Kohlenhalter h_1 (rechts) die Windungen des Elektromagneten E nach L_1 resp. dem zweiten Pol der Elektricitätsquelle zurück. Aus diesem Hauptstrom verzweigt vom Kohlenhalter h_1 (links) ein Theil durch die Windungen des Elektromagneten E_1 über die Contactfeder c_1 und die Contactschraube c nach L_1, wenn dieser Contact geschlossen ist.

Circulirt nun der Strom, während die Kohlen kk_1 sich berühren, so wird Anker a vom Elektromagnet E angezogen, dadurch der mit dem Anker verbundene untere Kohlenhalter h_1, zur Bildung des Lichts, abwärts bewegt. In dieser Lage verbleibt der Anker a so lange der Stromkreis geschlossen ist. Wird derselbe unterbrochen, etwa durch Verlöschen des Lichts, so tritt Anker a durch die Wirkung der Spiralfedern $f_1 f_1$ zurück und die beiden Kohlen kommen wieder in Berührung. Der durch die Windungen des Elektromagneten E_1 führende Theilstrom ist wegen des grossen Widerstandes derselben, bei normalem Lichtbogen nicht stark genug, den Anker a_1 anzuziehen, so dass hierbei der Contact c/c_1 durch Einwirkung der Spiralfeder f geschlossen bleibt. Sobald aber in Folge des Kohlenverbrauchs eine Verlängerung des Lichtbogens eintritt und dadurch der Widerstand des Hauptkreises vergrössert wird, verstärkt sich der Zweigstrom alsbald in dem Maasse, dass der Anzug des Ankers a_1 erfolgt. Damit öffnet sich der Contact c/c_1, während gleichzeitig die Zunge z des Ankerhebels h_2 aus dem Drehungsbereich des Flügelrädchens r_2 zurücktritt; das zur Bewegung frei gewordene Räderwerk gestattet das Senken des obern Kohlenhalters h resp. der obern Kohle k. Diese Bewegung wird indess nach ganz kurzer Wirkung wieder gehemmt, weil der geöffnete Contact c/c_1 den Zweigstrom unterbricht, der Anker a_1 also sogleich wieder zurücktritt und das Räderwerk arretirt; damit ist aber auch der Contact c/c_1 wieder hergestellt, so dass die weitere Regulirung in gleicher Weise erfolgen kann [1]). Es leuchtet ohne Weiteres ein, dass diese Art der Regulirung des Lichtbogens sehr grosse Vortheile

---

[1]) Siehe Anmerkung 2 zu Seite 218.

bietet, der Lichtbogen in nahe gleicher Länge erhalten werden kann. Fünf solcher Lampen in demselben Stromkreis eingeschaltet, sollen unter Aufwendung von sechs Pferdekräften eine Lichtstärke von je 1100 Normalkerzen geliefert haben.

§. 64.

Elektrische Lampe von Weston.

In neuerer Zeit werden zu bestimmten Maschinen auch besondere Lampen construirt. Wie bei Schuckert, Heinrichs, Gramme etc., so bei Weston, dessen dynamo-elektrische Maschine

Fig. 121.

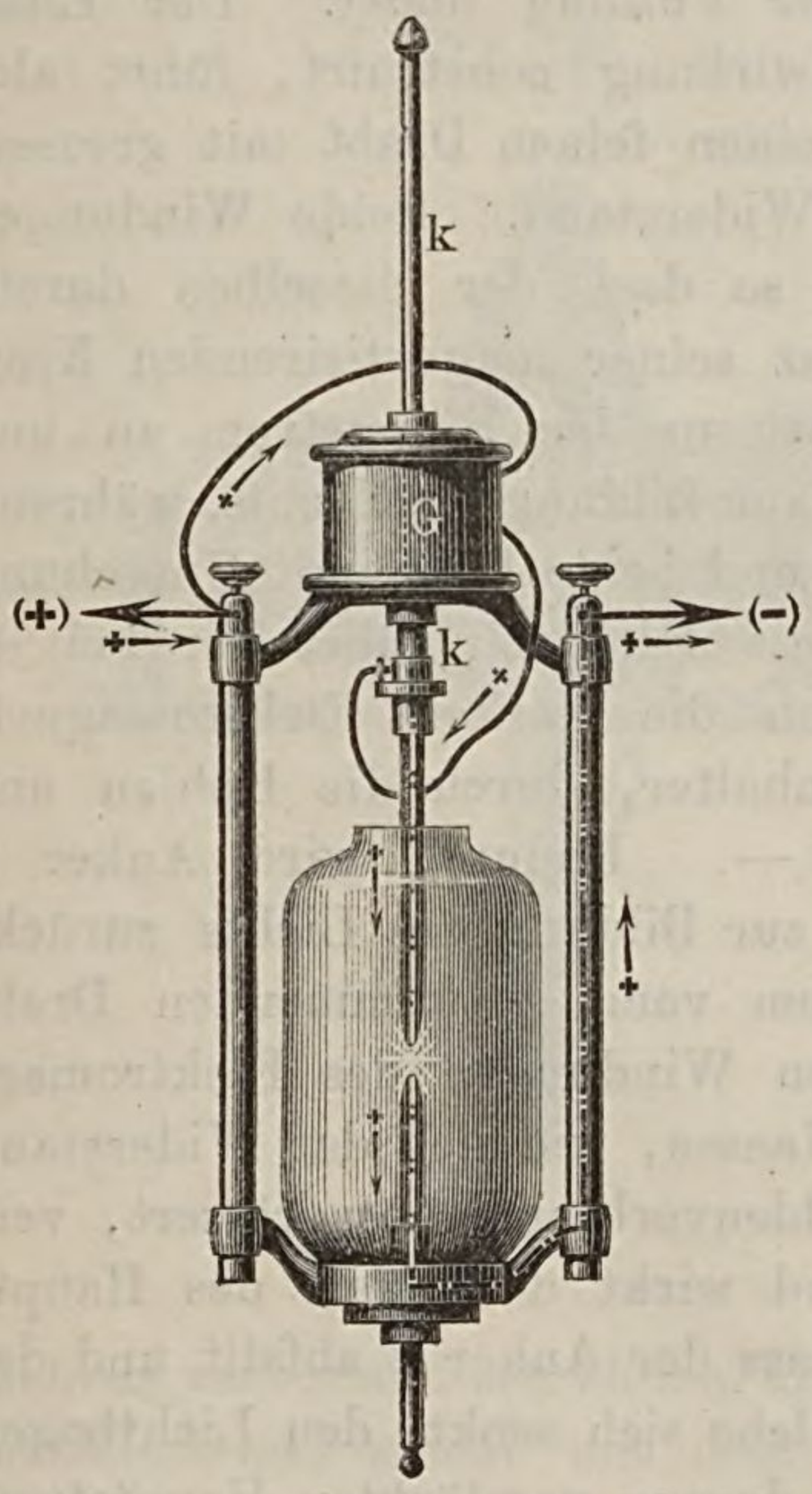
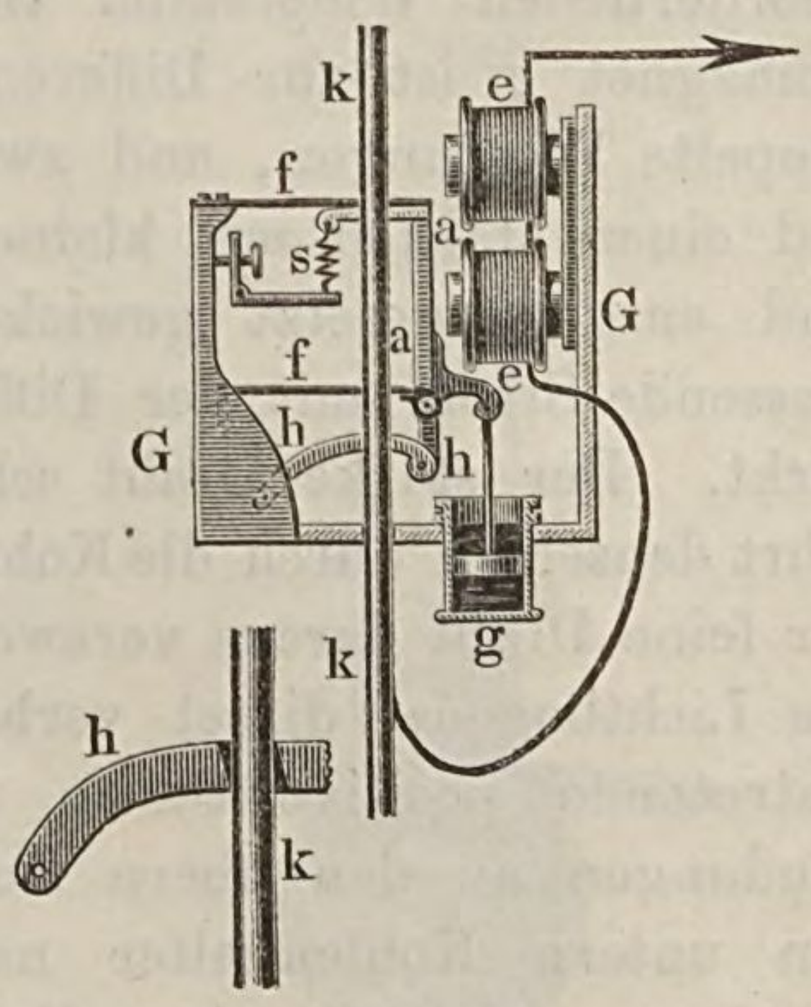


Fig. 121 a.



in §. 34 behandelt worden ist. Fig. 121 stellt dessen Lampe dar, welche sich durch grosse Einfachheit auszeichnet. Innerhalb des Gehäuses *G* befindet sich das Fig. 121 a skizzirte Triebwerk. *k* ist der obere Kohlenhalter; derselbe führt durch eine mit ihren Kanten schräg verstellte Oeffnung des drehbaren Hebels *h* und kann im Zustande der Ruhe in dieser Oeffnung gleiten, während der durch den elektrischen Strom etwas ange-

hobene Hebel den Kohlenhalter *k* festklemmt und ihn nöthigt, seiner Bewegung zu folgen. Diese Bewegung auszuführen, ist *h* mit dem durch Stahlfedern *ff* vom Gehäuse *G* getragenen Anker *a*, aus weichem Eisen, drehbar verbunden, dessen oberer Theil etwas tiefer steht, als der Eisenkern des oberen Schenkels des Elektromagneten *e*. In dieser Anordnung erhält der Anker *a*, unter dem Einfluss des Stromes, eine Bewegung in verticaler Richtung, während die Stahlfedern *ff* denselben in seine Ruhelage zurückzuführen streben, was durch die Spiralfeder *s* unterstützt wird, die durch Schraube an kleinem Winkelhebel, auf die erforderliche Spannung regulirt werden kann. Die etwa zu heftig eintretende Bewegung zu dämpfen, dient das mit Glycerin gefüllte kleine Gefäss *g*, in welchem ein mit dem Anker *a* verbundener Stempel der Bewegung desselben folgt und den erforderlichen Widerstand in der Füllung findet. Der Elektromagnet *e* ist zur Differentialwirkung construirt, führt also doppelte Windungen, und zwar einen feinen Draht mit grossem und einen starken mit kleinem Widerstand. Beide Windungen sind entgegengesetzt gewickelt, so dass der dieselben durchfliessende Strom mit der Differenz seiner magnetisirenden Kraft wirkt. Der starke Draht schliesst an den Hauptstrom an und führt denselben durch die Kohlen zur Bildung des Lichts, während der feine Draht daraus verzweigt und beide Pole, mit Umgehung des Lichtbogens, direct verbindet. Hiernach führt der bei + eintretende positive Strom durch die starken Elektromagnetwindungen an den obern Kohlenhalter, durch die Kohlen und den untern Kohlenhalter nach —. Dadurch wird Anker *a* gehoben, womit die obere Kohle zur Bildung des Lichts zurücktritt. Gleichzeitig fliesst aus dem vom + kommenden Draht ein Zweigstrom durch die dünnen Windungen des Elektromagneten direct nach —. In dem Maasse, wie sich der Widerstand des Hauptkreises durch den Kohlenverbrauch vergrössert, verstärkt sich dieser Zweigstrom und wirkt der Kraft des Hauptstromes intensiver entgegen, so dass der Anker *a* abfällt und damit die obere Kohle freigiebt, welche sich senkt, den Lichtbogen verkürzt, sofort aber durch den daraus verstärkten Hauptstrom auch wieder dem gehobenen Anker *a* folgt.

Dieses Spiel setzt sich zur Erhaltung der normalen Länge des Lichtbogens continuirlich fort; wird aber der Kreis aus irgend

welcher Veranlassung unterbrochen, so treten beide Kohlen, durch Senken der obern, in directe Berührung und das Licht bildet sich in gleichem Vorgange wieder.

§. 65.

Elektrische Lampe von Andrew.

In Andrew's Construction (Fig. 122) senkt und hebt sich der obere Kohlenhalter unter wechselnder Lösung zweier denselben umfassenden Gabeln.

h ist der Kohlenhalter, welcher in einer Klemmvorrichtung die obere Kohle *k* aufnimmt, und zz_1 sind die beiden Gabeln,

Fig. 122.

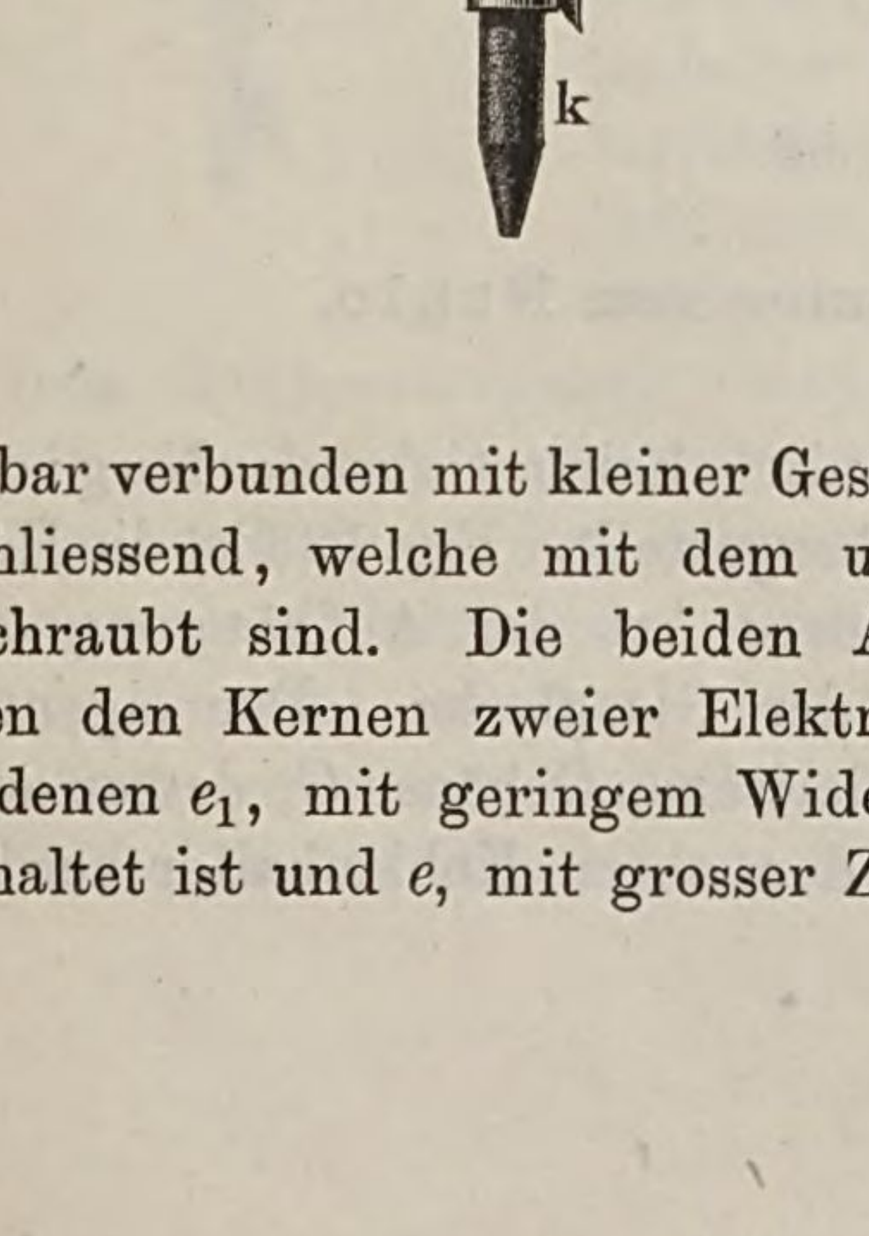
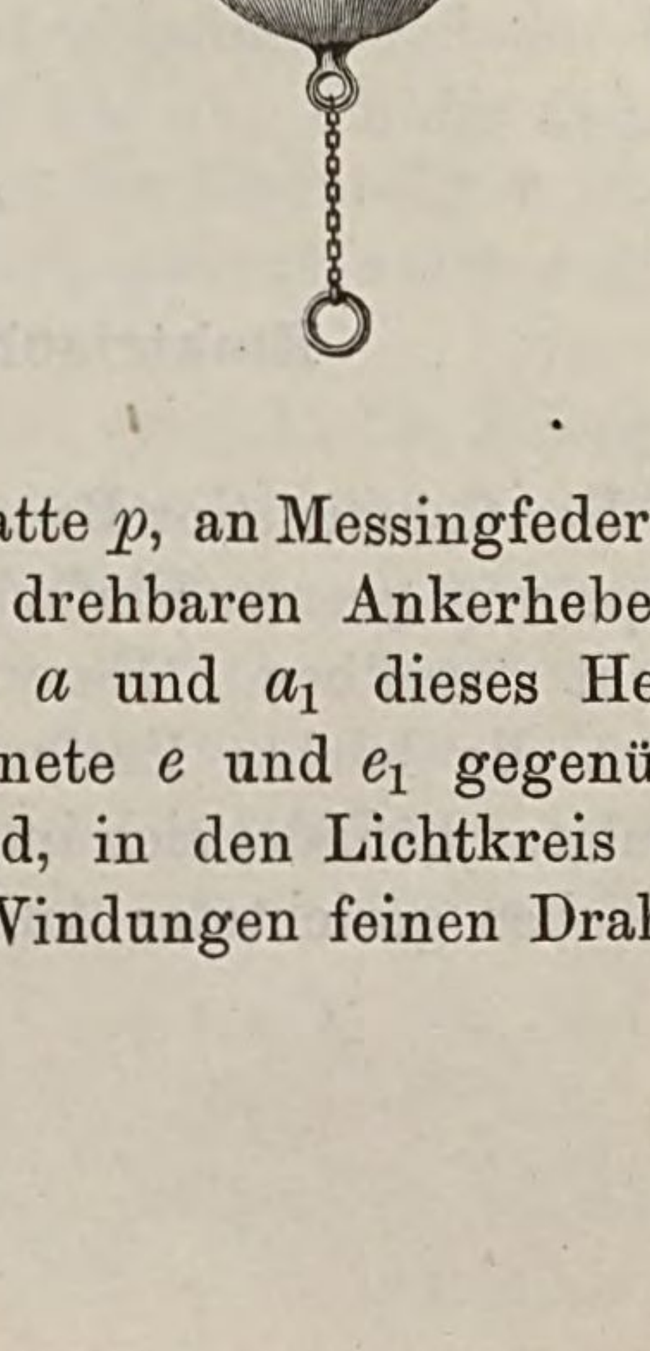


Fig. 122 a.



drehbar verbunden mit kleiner Gestellplatte *p*, an Messingfedern *ff* anschliessend, welche mit dem um *x* drehbaren Ankerhebel h_1 verschraubt sind. Die beiden Anker *a* und a_1 dieses Hebels stehen den Kernen zweier Elektromagnete *e* und e_1 gegenüber, von denen e_1, mit geringem Widerstand, in den Lichtkreis eingeschaltet ist und *e*, mit grosser Zahl Windungen feinen Drahtes,

in einem Zweige dieses durch den Lichtbogen geschlossenen Kreises liegt.

Der Gang des Hebels h_1 ist durch Schraubenstellung der kleinen Säule s, die Bewegung der Gabeln zz_1 durch eine Schiene s_1 begrenzt.

In der Berührung beider Kohlen fliesst der Strom in nahe voller Stärke durch den Elektromagnet e_1, Anker a_1 wird angezogen, die Bewegung des Hebels h_1 löst die obere Gabel z, während die untere z_1 den Kohlenhalter h, zur Bildung des Lichtbogens, anhebt. In dem Maasse, wie sich der Lichtbogen durch den Kohlenverbrauch verlängert, der Widerstand des Lichtkreises sich also vergrössert, wächst die Stromstärke in der Zweigleitung, welche den Elektromagnet e einschliesst. Anker a_1 geht zurück und a wird von e angezogen, bis sich durch die entgegengesetzte Bewegung des Ankerhebels h_1 die untere Gabel z_1 löst, während die obere z den Kohlenhalter zur Herstellung der normalen Länge des Lichtbogens senkt.

Bei zufälligem Verlöschen des Lichts führt der ganze Strom durch die Windungen des obern Elektromagneten e und zieht den Anker a so stark an, dass sich durch den Widerstand, welchen die obere Gabel z an der Schiene s_1 findet, der Kohlenhalter auch in dieser Gabel frei wird und bis zur Berührung beider Kohlen abfällt, womit das Spiel in der angegebenen Weise wieder aufgenommen wird.

Die Kohlen dieser Lampe, deren Generalansicht Fig. 122a zeigt, brennen acht Stunden. In England stattgehabte Versuche sollen zufriedenstellende Resultate ergeben haben.

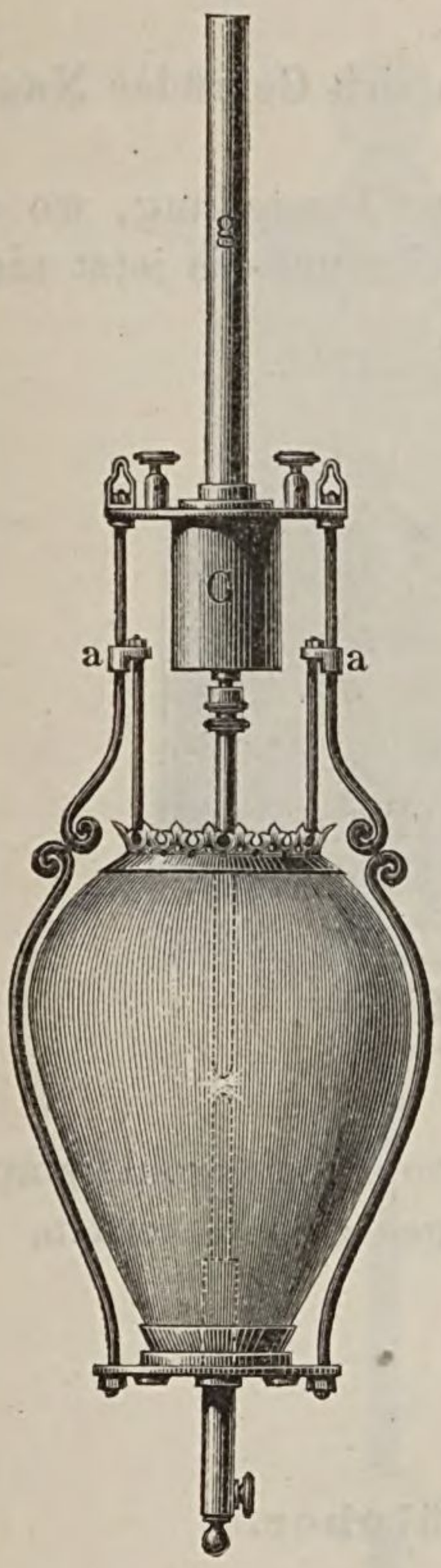
§. 66.

Elektrische Lampe von Naglo.

Der Construction Brush ähnlich, haben Gebrüder Naglo eine Lampe von grosser Einfachheit hergestellt. Fig. 123 ist die Hauptansicht derselben. Eine besondere Art der Aufhängung a gestattet die leichte Entfernung der Glasglocke. Der eigentliche Regulator befindet sich im cylinderischen Gehäuse G, dessen enger, nach oben gerichteter Ansatz g den obern Kohlenhalter verdeckt.

Fig. 123 a und Fig. 123 b (a. f. S.) zeigen die innere Einrichtung des Gehäuses. *S* ist eine feststehende Spirale von isolirtem Kupferdraht und *r* ein in derselben verschiebbares, cylinderisches Eisenrohr, in welchem der hohle viereckige obere Kohlenhalter *h* aus Messing freien Durchgang findet. Derselbe führt durch eine Platte *p*, welche mit dem Eisenrohr *r* fest verbunden ist. Aus dieser Platte wirkt eine excentrisch beweglich darin gelagerte Klaue *c* auf den Kohlenhalter *h* derart, dass sich dieselbe beim Anheben des Eisenrohrs *r* festklemmt, so dass der Kohlenhalter dessen Bewegung folgt, während sich diese Klemmverbindung bei demnächst erfolgendem Senken des Eisenrohrs *r* erst dann löst, wenn die Klaue *c* auf den Anschlag *a* aufstösst.

Fig. 123.



Das Heben des Eisenrohrs *r* erfolgt unter dem Einfluss des in der Spirale *S* circulirenden Stromes, zur Bildung des Lichtbogens, das Senken unter der Stromschwächung, in Folge des Kohlenverbrauchs, resp. nach Maassgabe der Verlängerung des Lichtbogens. Hat sich dabei das Eisenrohr soweit gesenkt, dass die Klaue *c* den Anschlag *a* trifft, so löst sich die Klemmverbindung und der Kohlenhalter *h* fällt frei ab, bis der dadurch verstärkte Strom das Eisenrohr *r* wieder hebt und die Verkupplung unter *c* und *h* wieder herstellt.

Dem Kohlenverbrauch entsprechend erfolgt die Bewegung dauernd, so dass sich die normale Länge des Lichtbogens erhält. Dieselbe wird durch Einstellung der Schrauben $s\,s_1\,s_2$ begrenzt und ausserdem durch eine selbstthätige einfache Spannvorrichtung s_3 constant erhalten. Letztere besteht aus einer auf etwas parabolisch geformter Unterlage ruhender Blattfeder *b*, welche beim Anheben aus dieser Lage (Fig. 123 b) um so stärkern Druck

auf das Eisenrohr *r* ausübt, je höher dasselbe durch den Strom gehoben wird.

In einer andern Lampe desselben Constructeurs liegt das Eisenrohr *r* fest und die Drahtspirale *S* bewegt sich, welche dann wie das Eisenrohr unserer Figur armirt ist.

Zum Betriebe dieser Lampen bedienen sich Gebrüder Naglo ihrer eigenen Maschinen (§. 21).

Welche Resultate damit auf der Pariser Ausstellung, wo sie zum ersten Male erscheinen, erreicht sind, ist uns bis jetzt nicht

Fig. 123 a.

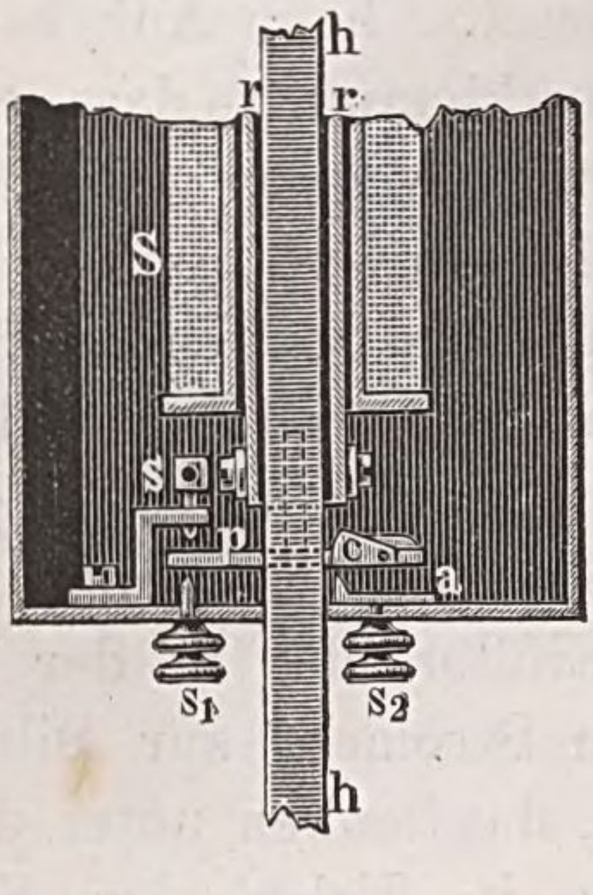
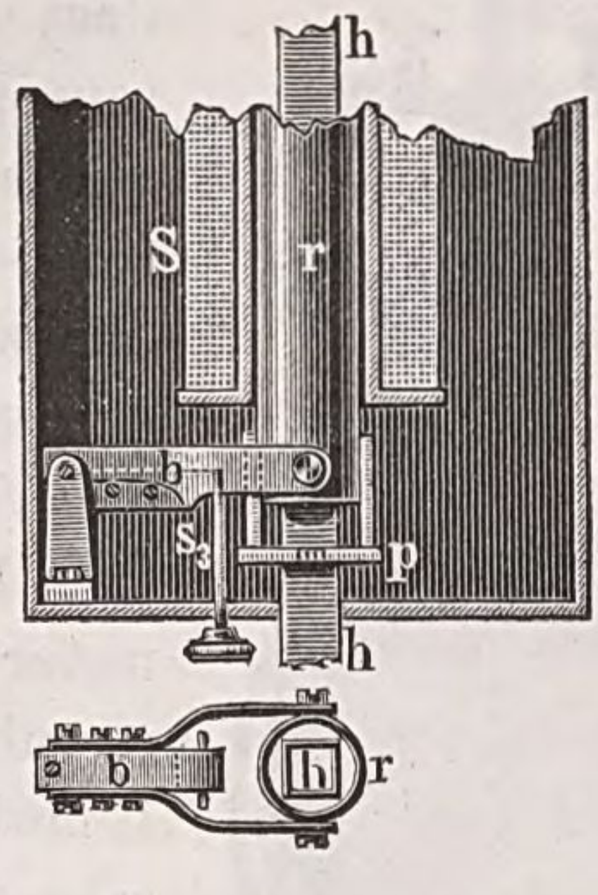


Fig. 123 b.



bekannt geworden; es ist indess anzunehmen, dass sowohl Lampen wie Maschinen recht befriedigende Leistungen zeigen werden.

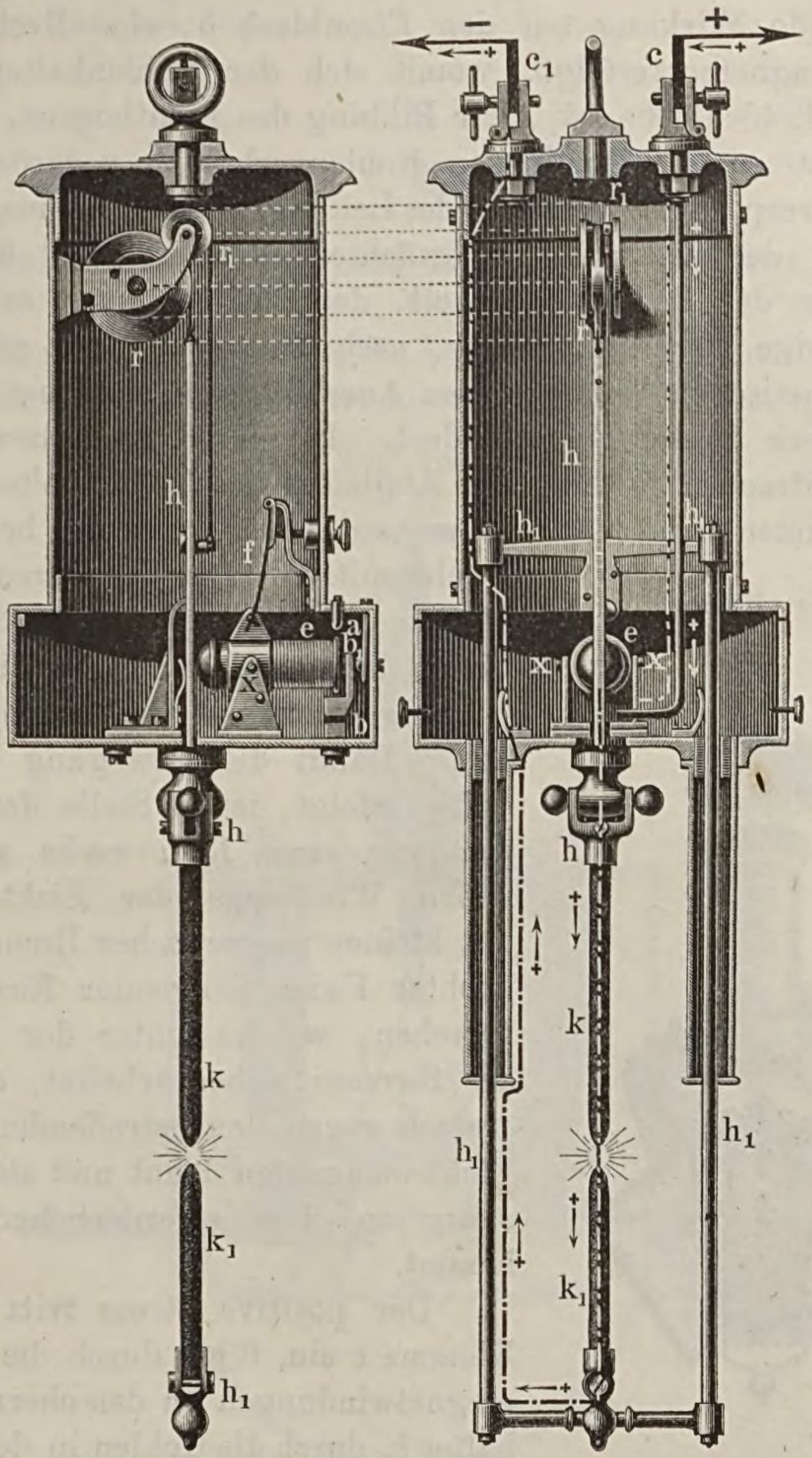
§. 67.

Elektrische Lampe von Gülcher.

Auch Gülcher hat eine besondere Lampe für seine Maschine (§. 38) construirt. Dieselbe ist, wie Fig. 124 zeigt, von grosser Einfachheit. Die beiden Kohlenhalter hh_1 stehen durch eine über zwei Rollen rr_1 laufende Schnur so in Verbindung, dass der eine Halter der Bewegung des andern folgt. Der obere Halter *h* besteht aus weichem Eisen und führt dicht vor der abgerundeten Polfläche des im Zapfen eines Metallringes um *x* drehbaren geraden Elektromagneten *e*. Letzterer lehnt sich,

in Folge der Wirkung einer verstellbaren Feder *f*, gegen den Anschlag *a*, während sein zweiter, nach unten gerichteter Pol,

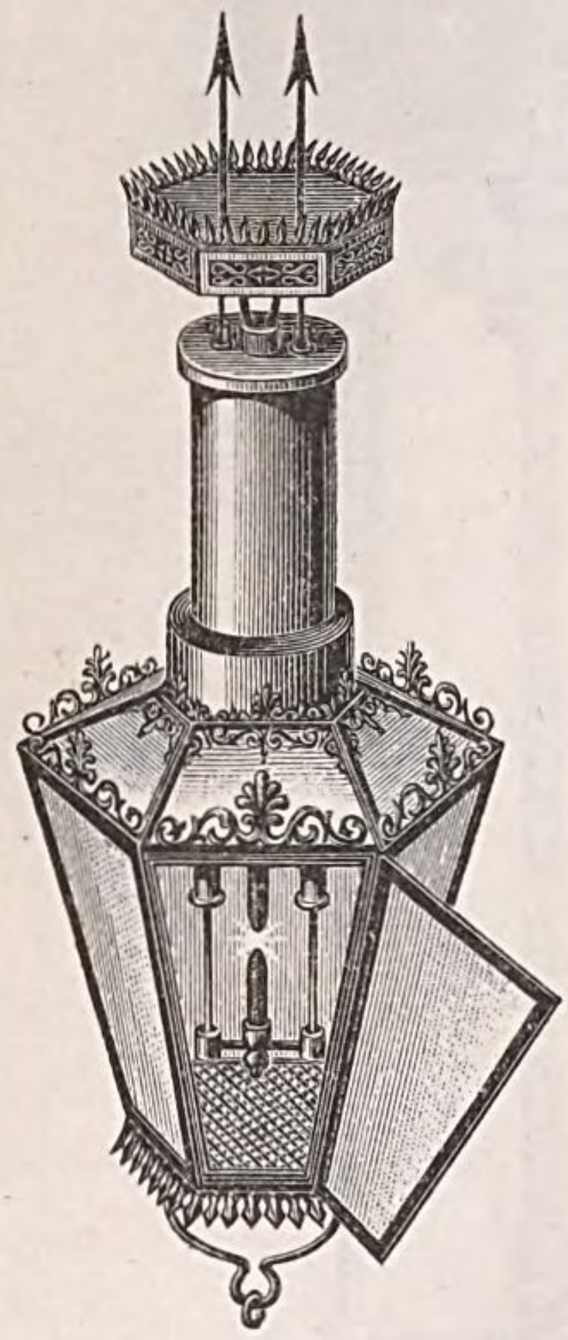
Fig. 124.



einem kleinen, am Gestell der Lampe befestigten Eisenblock *b* gegenüber steht.

Sobald durch die Elektromagnetwindungen der volle oder getheilte Betriebsstrom circulirt, wird der obere Kohlenhalter *h* durch den im Elektromagnet erregten Magnetismus an der abgerundeten Polfläche festgehalten, während gleichzeitig, durch inducirende Wirkung auf den Eisenblock *b*, eine Drehung des Elektromagneten erfolgt, womit sich der Kohlenhalter *h* hebt und die Kohlenstäbe kk_1, zur Bildung des Lichtbogens, von einander entfernen. Durch den Kohlenverbrauch vergrössert sich derselbe resp. der Widerstand des Leitungskreises; die magnetische Wirkung des dadurch geschwächten Stromes wird durch die Spannung der Feder *f* überholt, der Elektromagnet erhält eine rückgängige Drehung, bis er, nach Maassgabe der geschwächten magnetischen Wirkung, den Anschlag *a* erreicht hat, welcher die weitere Drehung verhindert. In dieser Lage bewirkt die weitere Stromschwächung das Abgleiten des Kohlenhalters *h* vom abgerundeten Pole resp. die weitere Annäherung der brennenden Kohlenspitzen. Die Unterbrechung des Stroms in Folge zufällig verlöschenden Lichts bringt dieselben in directe Berührung, womit sich der Vorgang wiederholt. Damit die Bewegung nicht zu heftig erfolgt, ist in Stelle des bei Anwendung eines Räderwerks gebräuchlichen Windfangs der Elektromagnet mit kleiner magnetischer Bremse b_1 (an leichter Feder hängender Eisenkörper) versehen, welche unter der Wirkung des Stromes sicher arbeitet, d. h. sich einfach gegen den betreffenden Pol des Elektromagneten lehnt und stets rechtzeitig in dem erforderlichen Maasse hemmt.

Fig. 124 a



Der positive Strom tritt bei der Klemme *c* ein, führt durch die Elektromagnetwindungen an den obern Kohlenhalter *h*, durch die Kohlen in den untern Halter h_1 und gelangt von hier durch den Körper der Lampe oder mittelst besondern Drahtes an die Klemme c_1 resp. den negativen Pol der Elektricitätsquelle.

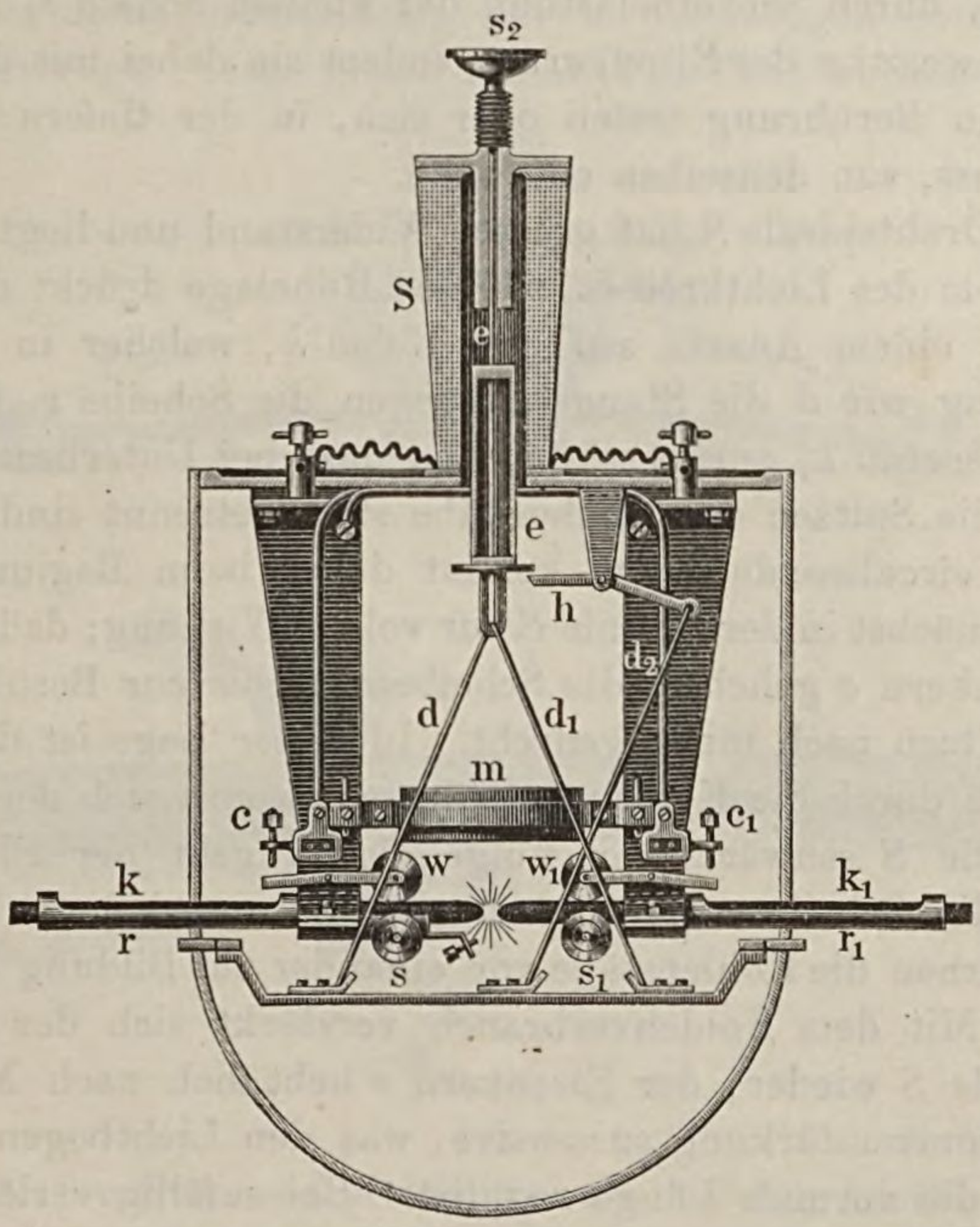
Der Apparat soll sehr exact functioniren, so dass die kleinsten Unterschiede in den Lichtbogenlängen sofort ausgeglichen, Schwankungen in der Lichtausgabe somit nicht bemerkbar werden. Fig. 124 a zeigt den Verschluss dieser hängenden, für industrielle Zwecke bestimmten Lampe.

§. 68.

Elektrische Horizontal-Lampe von Siemens.

Es ist mehrfach versucht, die Kohlenstäbe wagerecht zu stellen. In der Siemens'schen Construction dieser Art (Fig. 125) sind rr_1

Fig. 125.



rinnenförmige Kohlenhalter mit den darin liegenden Kohlenstäben kk_1. Dieselben ruhen am vordern Ende auf zwei kleinen Rollen,

deren Achsen ausserhalb der Kohlenhalter in Scheiben ss_1 enden. Der Umfang dieser Scheiben ist zur Erzeugung einer rauhen Oberfläche mit Leder bezogen oder mit feinen Einschnitten versehen. Auf den äussern Seiten der Scheiben ss_1 führen zwei an kleinen Schlitten befestigte Stangen dd_1, durch deren Heben und Senken erstere nach der einen oder andern Richtung gedreht werden, zu welchem Zwecke auch diese Stangen am untern Ende fein gereifelt sind. Durch die Scheibendrehung werden die Kohlenstäbe kk_1 in wagerechter Lage vor- oder zurückgeschoben, unter Verstärkung der Reibung an den Lagerrollen, durch den Druck kleiner in ihren Führungsstangen drehbarer Walzen ww_1. Die beiden Schlittenstangen dd_1 sind mittelst Stiftes mit dem röhrenförmigen Eisenkern e der Drahtspirale S drehbar verbunden, folgen also der durch Einwirkung des elektrischen Stromes auf- und abgehenden, durch Schrotbelastung der kleinen Schale s_2 zu regulirenden Bewegung des Eisenkernes, indem sie dabei mit den Scheiben ss_1 in Berührung treten oder sich, in der tiefern Lage des Eisenkernes, von denselben entfernen.

Die Drahtspirale S hat grossen Widerstand und liegt in einem Zweigstrom des Lichtkreises. In der Ruhelage drückt der Eisenkern mit einem Ansatz auf den Hebel h, welcher in ähnlicher Verbindung wie d die Stange d_2 gegen die Scheibe s_1 führt und den Kohlenstab k_1 zurückschiebt, so dass bei Unterbrechung des Stromes die Spitzen der Kohlenstäbe stets getrennt sind.

Der circulirende Strom kommt daher beim Beginn des Betriebes zunächst in der Spirale S zur vollen Wirkung; dadurch werden Eisenkern e gehoben, die Scheiben ss_1 bis zur Berührung der Kohlenspitzen nach innen gedreht. In dieser Lage ist der Stromkreis auch durch die Kohlen geschlossen, womit sich der Strom in der Spirale S schwächt; in Folge dessen geht der Eisenkern e zurück, die Scheiben ss_1 drehen sich in umgekehrter Richtung und entfernen die Kohlenstäbe von einander zur Bildung des Lichtbogens. Mit dem Kohlenverbrauch verstärkt sich der Strom in der Spirale S wieder, der Eisenkern e hebt sich nach Maassgabe dieser Stromverstärkung successive, was den Lichtbogen verkürzt resp. auf die normale Länge regulirt. Bei zufällig verlöschendem Licht treten die Kohlenspitzen, in Folge verstärkter Stromeswirkung in der Spirale S, in directe Berührung, so dass sich das Licht nach dem beschriebenen Vorgange wieder bilden kann. Beim voll-

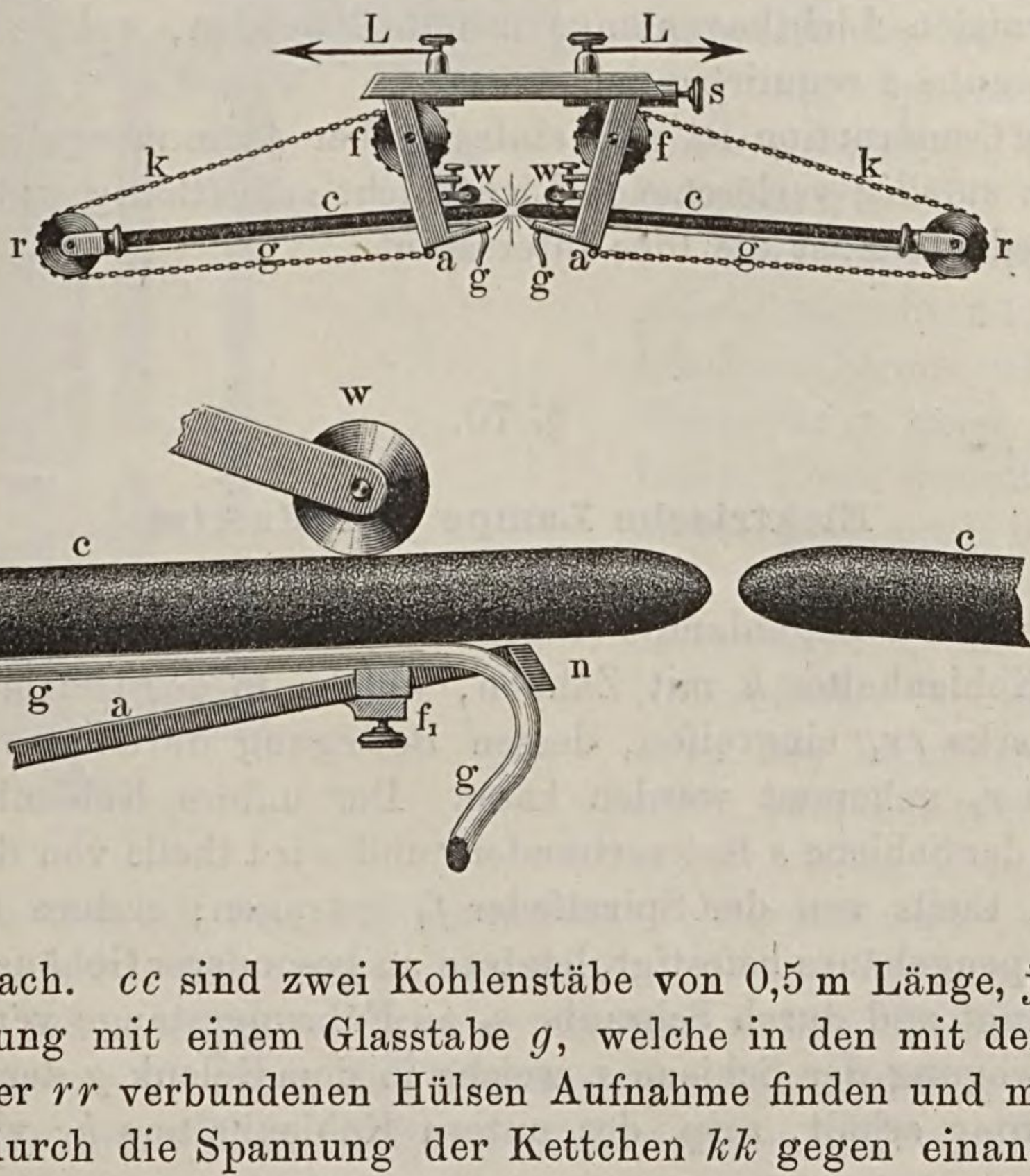
ständigen Verbrauch der Kohlenstäbe senken sich die Walzen ww_1, indem sich die Enden der Führungsstangen derselben gegen die darüber befindlichen Contactschrauben cc_1 lehnen, womit der Lichtkreis kurz geschlossen wird. Eine Scheibe m aus Marmor, Kreide etc. dient als Reflector und eine im Gestell hängende Glasglocke schützt das Licht gegen Luftbewegung.

§. 69.

Elektrische Lampe von Solignac.

In ganz eigenthümlicher Weise versucht Solignac die Entfernung unter den Kohlenspitzen zu reguliren, indem er die Thätigkeit der Regulirungsverrichtung der im Lichtbogen entwickelten Wärme überträgt. Seine Construction (Fig. 126) ist ausserordent-

Fig. 126.



lich einfach. cc sind zwei Kohlenstäbe von 0,5 m Länge, jeder in Verbindung mit einem Glasstabe g, welche in den mit der Achse der Räder rr verbundenen Hülsen Aufnahme finden und mit denselben durch die Spannung der Kettchen kk gegen einander be-

wegt werden. Letztere sind an den Gestellarmen *aa* befestigt, führen über die Räder *rr* und wickeln sich um die Federgehäuse *ff*, deren Federn die Triebkraft liefern. Die Bewegung ist begrenzt durch den Widerstand, welchen die Glasstäbe *gg* an Nickelansätzen *nn* der Arme *aa* finden; diese Arme tragen auch die regulirbare Führung f_1 der combinirten Kohlen-Glas-Stäbe, während Metallwalzen *ww* von der entgegengesetzten Seite auf die Kohlenstäbe drücken.

Unter der normalen Lichtbogenlänge ist die Bewegung der Kohlen gehemmt. Sobald sich der Lichtbogen aber unter dem Kohlenverbrauch vergrössert, sein Widerstand also erhöht, verstärkt sich die Wärmeentwicklung (S. 71) in dem Maasse, dass die Glasstäbe *gg*, an den Berührungsstellen der Nickelansätze *nn* erweicht, der Spannung der Kettchen *kk* nachgeben, welche die Kohlenstäbe vorwärts bewegen, während die erweichten Enden der Glasstäbe unter den Nickelansätzen ausweichen. Der dauernde Kohlenverbrauch hat somit auch eine dauernde Bewegung der Kohlenstäbe zur Folge, deren Spitzen dadurch stets nahe an der Grenze der normalen Lichtbogenlänge erhalten werden, welche mittelst der Schraube *s* regulirbar ist.

Die Construction ist sehr einfach, aber darin mangelhaft, dass sich das zufällig verlöschende Licht nicht selbstthätig wieder herstellt; jedenfalls ist die Idee interessant.

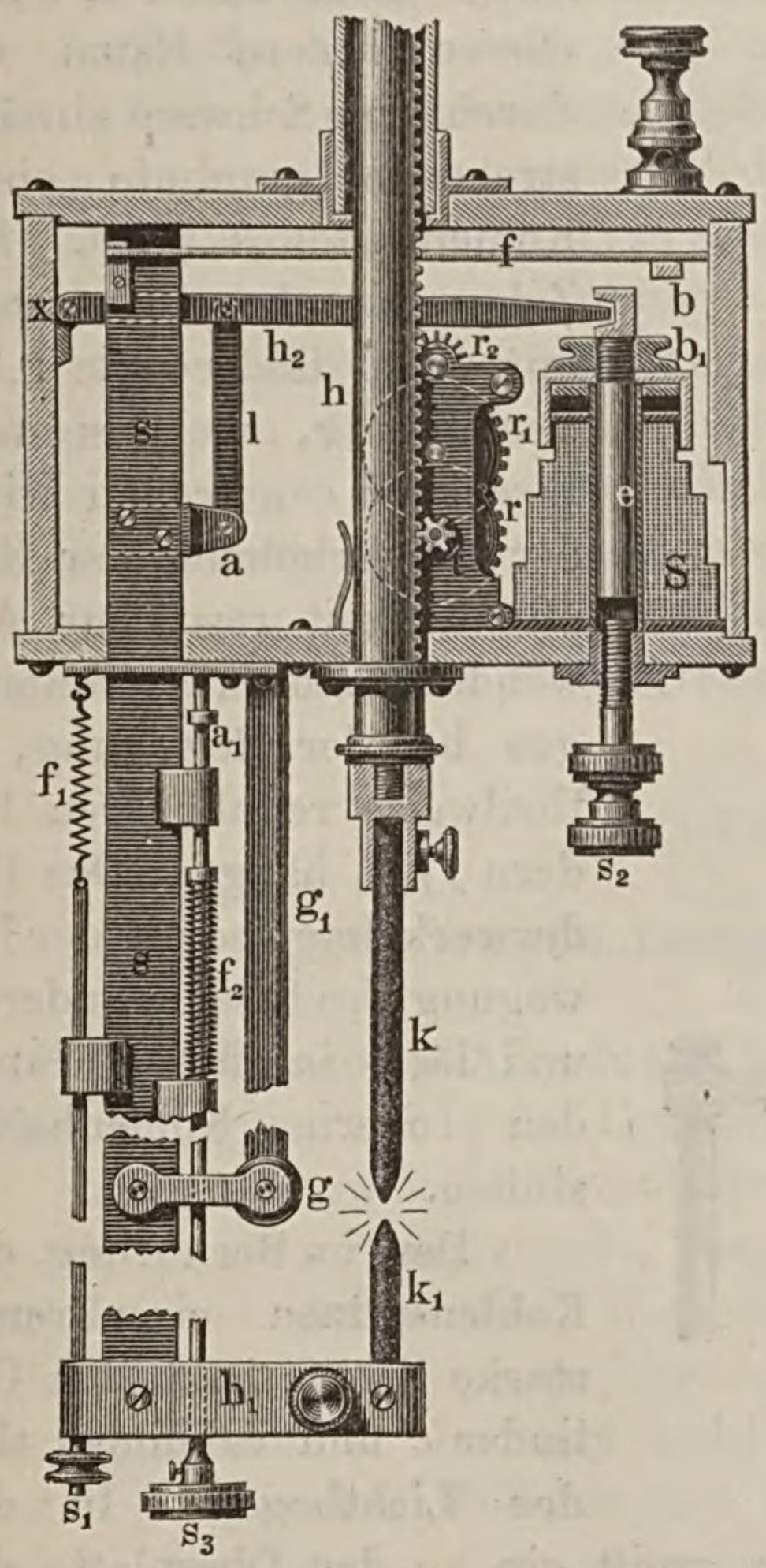
§. 70.

Elektrische Lampe von Maxim.

Maxim's Bogenlampe (Fig. 127) führt einen röhrenförmigen obern Kohlenhalter *h* mit Zähnen, welche in das Getriebe *t* des Räderwerks rr_1 eingreifen, dessen Bewegung durch das Flügelrädchen r_2 gehemmt werden kann. Der untere Kohlenhalter h_1 ist mit der Schiene *s* fest verbunden, und wird theils von der Blattfeder *f*, theils von der Spiralfeder f_1 getragen; erstere ist bei *b* am Lampengehäuse befestigt, letztere an besonderer Gehäuseschiene aufgehängt und durch Schraube s_1 an Führungsstange verstellbar. Die Bewegung der Schiene *s*, welche in dem Gelenk *g* der Schiene g_1 Führung erhält, resp. des untern Kohlenhalters h_1 vermittelt

eine mit dem Arm a und dem um x drehbaren Hebel h_2 verbundene Lenkstange l, welche der Bewegung dieses Hebels folgt. Derselbe greift mit seiner Spitze in einen Einschnitt des in der stufenweise verstärkten Drahtrolle S schwebenden Eisenrohrs e und trägt über dem Flügelrädchen r_2 eine Sperrklinke, welche dasselbe und damit die Räder r_1 r, bei genügend tiefer Stellung des Hebels h_2, in der Bewegung arretirt. Die Drahtrolle S ist durch Schraube s_2 einzustellen, und die Abwärtsbewegung des Eisenrohrs e innerhalb dieser Drahtrolle, wird durch den an ihm verschraubten Luftbuffer b_1 gedämpft.

Fig. 127.



In der Ruhelage ist die Sperrklinke des Hebels h_2 frei, so dass sich der obere Kohlenhalter h unbehindert bis zur Berührung der Spitzen beider Kohlen k und k_1 abwärts bewegen kann.

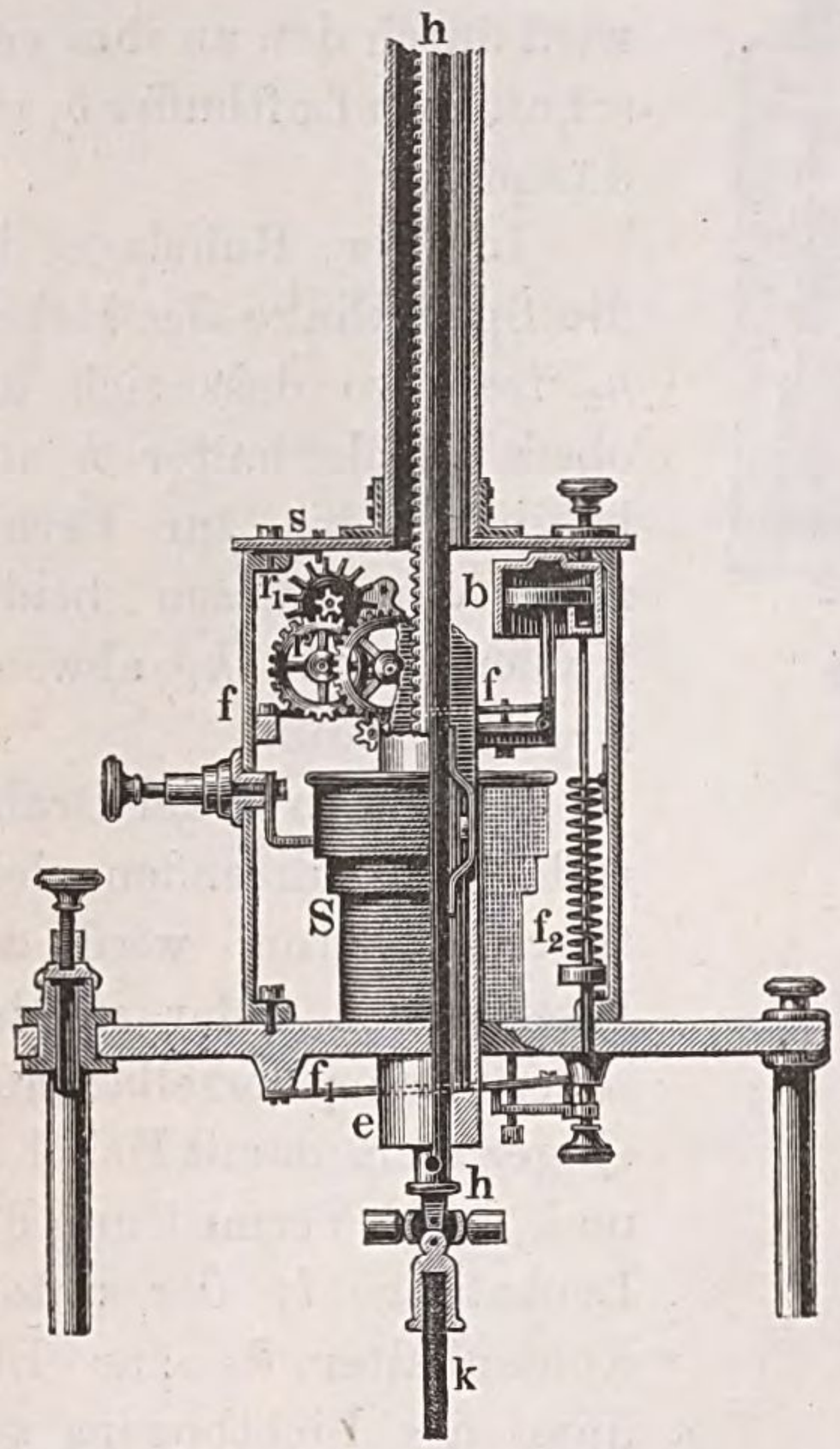
Durch den in der Drahtrolle S circulirenden elektrischen Strom wird das Eisenrohr e tiefer in den innern Raum derselben hineingezogen, damit Hebel h_2 und, durch Vermittlung der Lenkstange l, der untere Kohlenhalter h_1 zur Bildung des Lichtbogens gesenkt, während durch gleichzeitigen Eingriff der Sperrklinke des Hebes h_2 in das Flügelrädchen r_2, das Räderwerk arretirt, die obere Kohle also festgehalten wird.

Bei Schwächung des Stromes aus dem Kohlenverbrauch, tritt das Eisenrohr e, unter der Wirkung der Spannfeder f_2 zurück, welche den untern Kohlenhalter zu senken strebt, wenn durch Nach-

lassen der Schraube s_3, der Ansatz a_1 der Federstange an der Gehäuseschiene anliegt, die Sperrklinke des Hebels h_2 löst sich aus, die obere Kohle senkt sich, womit sich der Strom wieder verstärkt. Beim zufälligen Verlöschen des Lichts tritt Hebel h_2 in seine Ruhelage, das Räderwerk wird zur Bewegung frei, die obere Kohle senkt sich bis zur Berührung der untern Kohle, womit das Spiel von neuem anhebt.

In einer andern Construction Maxim's (Fig. 127a) befindet sich innerhalb der Drahtspirale S ein hohler Eisencylinder e, durch dessen innern Raum der durch seine Schwere abwärts strebende gezahnte obere Kohlenhalter h führt. Die Zahnreihe desselben steht mit dem Räderwerk r in Verbindung, welches vom Eisenkern e getragen wird, der zur Erhöhung der Empfindlichkeit resp. zur Abwendung störender Reibungen bei der Bewegung, in theilweise regulirbaren Federn ff_1f_2 hängt. Das Räderwerk folgt somit der Bewegung des Eisencylinders e und lässt im freien Gange den obern Kohlenhalter sinken.

Fig. 127a.



Der in Berührung der Kohlenspitzen circulirende starke Strom hebt den Cylinder e und es bildet sich der Lichtbogen. In der höchsten Lage dieses Cylinders greift ein an der Oberplatte des Gehäuses befindlicher Sperrstift s in die Speichen des kleinen Rades r_1 und arretirt das Räderwerk, welches in dieser Lage das Nachsinken des obern Kohlenhalters verhindert; sobald sich aber der Strom durch den Kohlenverbrauch resp. die Verlängerung des Lichtbogens schwächt, senkt sich das mit dem Eisencylinder e

verbundene Räderwerk und wird frei, womit der obere Kohlenhalter die nach abwärts gerichtete Bewegung fortsetzt, bis durch den in der Verkürzung des Lichtbogens verstärkten Strom die Arretirung des Räderwerks wieder erfolgt. Bei zufälligem Verlöschen des Lichts tritt der Eisencylinder *e* in die Ruhelage zurück, so dass der obere Kohlenhalter frei ablaufen kann, bis zur directen Berührung beider Kohlenspitzen, womit das Spiel von neuem anhebt.

Wie in Fig. 127, so hat auch in dieser zweiten Construction der Luftbuffer *b* Anwendung gefunden, dessen Kolben mit dem Eisencylinder *e* in Verbindung steht, womit den zu heftigen Bewegungen desselben begegnet wird.

Beide Figuren, 127 und 127 a, sind neuern Reichspatenten entnommen, welche die Einrichtung mehr allgemein behandeln, während mit Bestimmtheit angenommen werden darf, dass die specielle Anordnung in den Maxim'schen Lampen allen bekannten Anforderungen an die weitgehendste praktische Verwendung der Lichtbogenlampen entsprechen, sowohl in der Schaltung wie in der Sicherung des guten Betriebes bei Unterhaltung mehrerer Flammen in demselben Stromkreise.

§. 71.

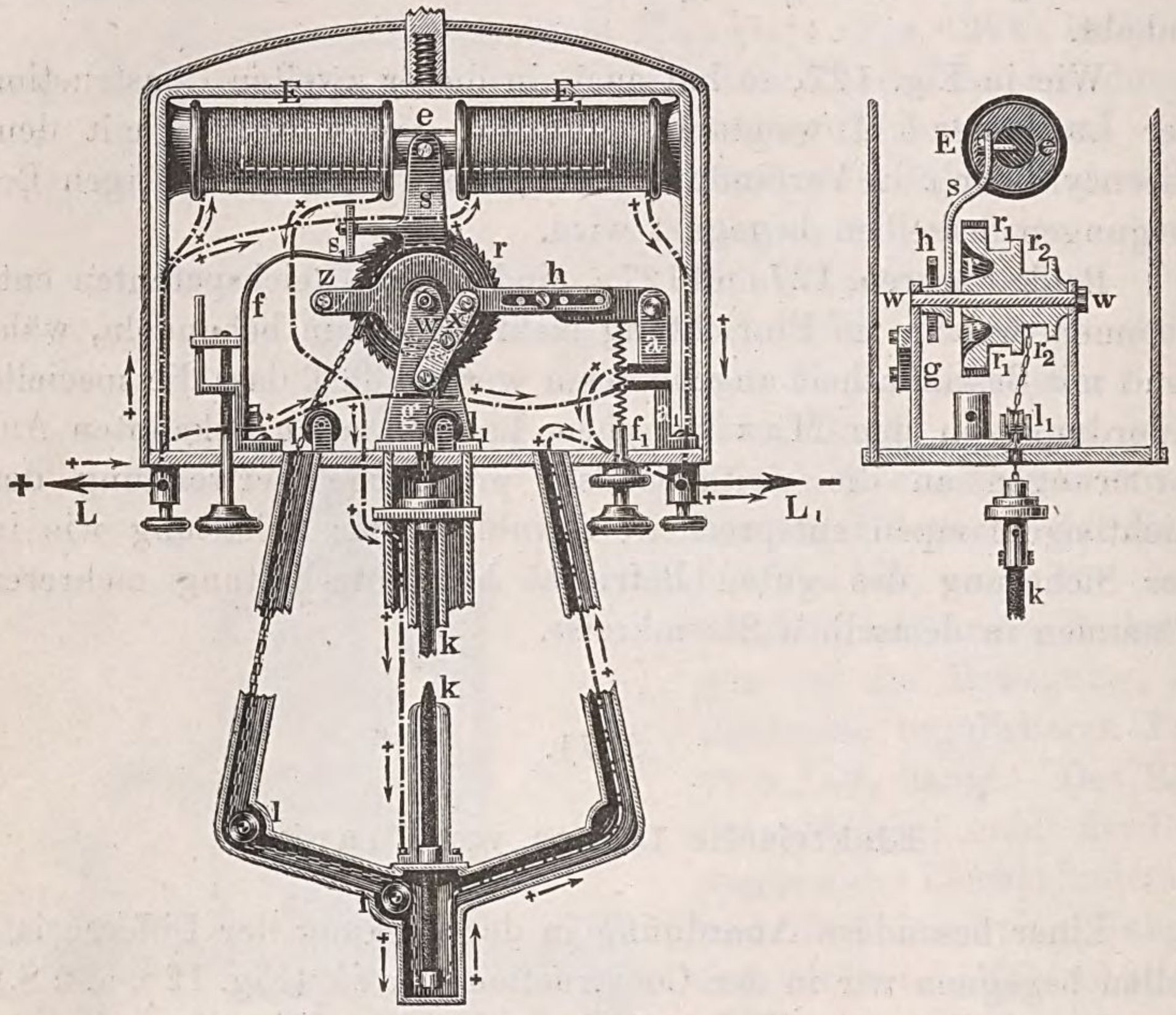
Elektrische Lampe von Clark.

Einer besondern Anordnung in der Wirkung der Differentialrollen begegnen wir in der Construction Clark (Fig. 128, a. f. S.).

Innerhalb zweier Differential-Drahtrollen, E mit geringem, E_1 mit grossem Widerstande, resp. kleiner Zahl Windungen aus starkem und grosser Zahl Windungen aus schwachem Draht, befindet sich in horizontaler Lage der Eisenstab *e*, in Verbindung mit der Schiene *s*. Letztere dreht sich frei auf der in besonderm Gestell *g* lagernden Welle *w* und trägt an einem Seitenarm den Stab s_1, welcher bei Bewegung der Schiene *s*, mehr oder weniger auf die Stahlfeder *f* drückt, die dabei auf dem Umfang der gezahnten Scheibe *r* Widerstand findet. Mit dieser Zahnscheibe stehen zwei mit Schnüren oder Kettchen in entgegengesetzter Richtung bewickelte Führungsrollen r_1 und r_2 in fester Verbindung, von denen die Bewicklung der Rolle r_1 über drei kleine Leitrollen *l*

an den untern Kohlenhalter, die der Rolle r_2 über die Leitrolle l_1 an den obern Kohlenhalter führt, so dass die Kohlen kk der Bewegung der Zahnscheibe r zu folgen genöthigt sind. Letztere dreht sich mit den Führungsrollen r_1 und r_2 ebenfalls frei auf der Welle w und zwar, in der Richtung nach links durch den Druck

Fig. 128.



der Feder f, in der Richtung nach rechts durch die Bewegung des Gelenkhebels h, indem der Zahn z desselben in die Zahnreihe der Scheibe r eingreift. Dieser Hebel bewegt sich um den durch besondere Ansatzschiene gebildeten Drehpunkt x, unter der Spannung der Feder f_1, bei vermindertem Druck der Stahlfeder f auf den Umfang der Zahnscheibe r. Er umfasst zwar die Welle w, aber mit dem für seine Bewegung erforderlichen Spielraum. Durch die an Schrauben regulirbare Spannung beider Federn f und f_1 ist das System äquilibrirt. Der verticale Arm a des Gelenkhebels h endet in einer isolirten Platte, welcher, an einem Winkelstück a_1, eine ähnliche, ebenfalls isolirte Platte nahe gegenübersteht. Beide Plat-

ten sind durch Drähte mit den beiden Klemmen der Leitungen $L L_1$ direct verbunden. Der positive Strom führt aus Leitung L durch die Windungen der Differentialrolle E an den obern Kohlenhalter, durch die Kohlen und, aus dem untern Kohlenhalter, durch das in Symmetrie mit der Kettenführung zugefügte Rohr nach der Klemme der Leitung L_1. Vor dem Eintritt des positiven Stromes in die Windungen der Rolle E verzweigt derselbe in bekannter Weise durch die Windungen der Differentialrolle E_1 nach der Klemme der Leitung L_1. Sobald nun der Stromkreis geschlossen wird, während die Kohlenstäbe einander berühren, führt der grössere Stromtheil durch die Windungen E, und der Eisenstab e wird in den innern Raum derselben hineingezogen; dadurch senkt sich Stab s_1 und drückt auf die Feder f, welche dabei die Zahnscheibe r nach links dreht, wobei sich die Kohlenstäbe zur Bildung der normalen Länge des Lichtbogens von einander entfernen. Verlängert sich derselbe durch den Kohlenverbrauch, so verstärkt sich bekanntlich der Zweigstrom in E_1; der Eisenstab e tritt, aus der verstärkten magnetischen Wirkung in E_1, etwas zurück, der Druck auf die Feder f vermindert sich, bis die Kraft der Feder f_1 überwiegt, welche dann die Zahnscheibe r etwas zurückdreht, wodurch sich die Kohlenspitzen einander nähern. Sobald die normale Lichtbogenlänge wieder hergestellt, der Strom in E also wieder verstärkt ist, hemmt der verstärkte Druck der Feder f die Bewegung der Zahnscheibe r. Durch zufälliges Verlöschen des Lichts wird E stromlos, der ganze Strom führt dann durch den Zweig E_1, zieht den Eisenstab e stärker an und Zahnscheibe r wird, unter vermindertem Druck der Feder f, durch die Wirkung des Hebels h bis zur directen Berührung der Kohlenspitzen gedreht, womit das Spiel von neuem anhebt. Sind aber die Kohlen völlig verbraucht, so dass sich der Schluss des Kreises durch die Differentialrolle E nicht wieder herstellen kann, dann treten die beiden isolirten Platten des Hebelarms a und des Winkelstücks a_1 in Berührung und stellen die directe Verbindung zwischen den beiden Leitungen $L L_1$ her, so dass andere im Stromkreise brennende Lampen nicht gestört werden.

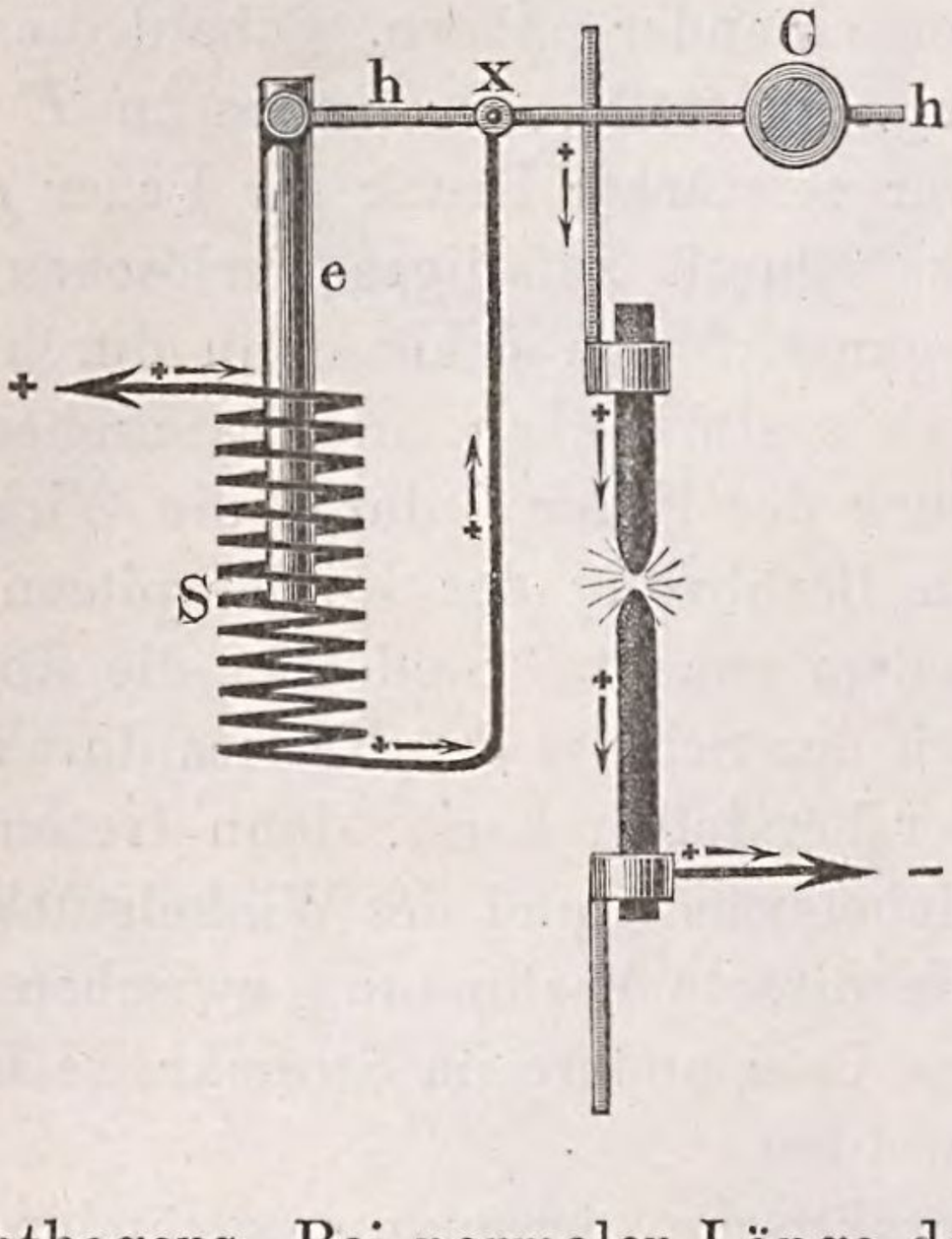
Ob diese Lampe bereits praktische Verwendung gefunden und mit welchem Erfolge, ist uns nicht bekannt. Bei genauer Einstellung dürfte aber die Leistung der im Ganzen einfachen Construction wohl befriedigen.

§. 72.

Elektrische Lampe von Siemens & Halske (Uebergangsform).

Die Bemühungen der Firma Siemens & Halske zur Herstellung elektrischer Lampen gipfeln in einer zum Betriebe mit Wechselströmen bestimmten Construction, der sogenannten Differential-Lampe, deren Beschreibung in Abth. 2 c erfolgt, obgleich wir dieselbe auch an dieser Stelle hätten einreihen können, weil deren Gebrauch im continuirlichen Strom nicht ausgeschlossen ist. Den Uebergang zu dieser Lampe bildet die in Fig. 129 schematisch dargestellte Construction. *S* ist eine Drahtspirale, *e* ein Eisenstab, hängend befestigt an dem um *x* drehbaren Hebel *h* mit Contregewicht *C*. Der obere Kohlenhalter ist mit dem Hebel *h* derart verkoppelt, dass ersterer, in der tiefsten Lage des langen Hebelarmes, ausgelöst wird, abfällt und so die obere Kohle mit der untern in Berührung setzt, wobei der Fall durch ein kleines Echappement mit Pendel abgeschwächt wird. Dies ist die Ruhelage. Der circulirende Strom zieht den Eisenstab *e* tiefer in den innern Raum der Spirale *S*, der lange Arm des Hebels *h* hebt sich und, indem er sich mit dem Kohlenhalter dabei verkoppelt, folgt die obere Kohle dieser Bewegung zur Bildung des Lichtbogens. Bei normaler Länge desselben halten die Anziehung der Spirale und der Druck des Contregewichts *C* einander das Gleichgewicht. Durch den Kohlenverbrauch wird der Strom in bekannter Weise geschwächt, der Eisenstab tritt aus der Spirale etwas zurück

Fig. 129.



und die obere Kohle senkt sich mit ihrem Halter. Ist die Senkung soweit erfolgt, dass die Auslösung des Kohlenhalters eintritt, so fällt die obere Kohle ein wenig herab. In Folge der dadurch eintretenden Stromverstärkung, wird aber der lange Arm des Hebels *h* wieder gehoben, womit die Verkuppelung wieder erfolgt. Bei der vollkommeneren Leistung der Differential-Lampe nehmen wir von der weitern Betrachtung der Uebergangs-Construction Abstand und schliessen zunächst die Reihe der Lampen für continuirlichen Strom mit einer zum Gebrauch im physikalischen Cabinet ziemlich verbreiteten Construction derselben Firma.

§. 73.

Elektrische Lampe von Siemens & Halske (Hefner-Alteneck).

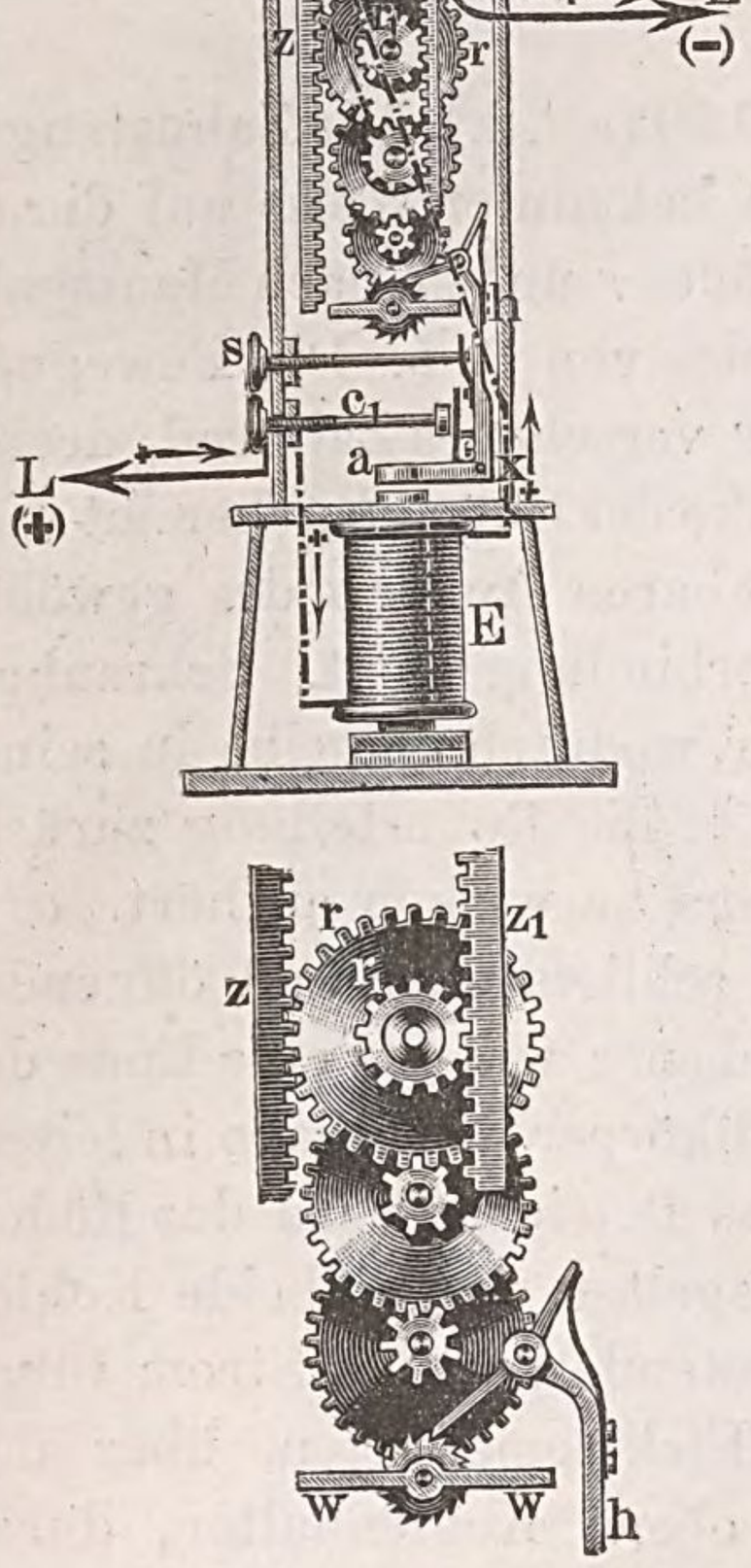
Wir präsentiren dieselbe in Fig. 130 (a. f. S.). Die Zahnstangen *z* und z_1 beider Kohlenhalter wirken in bekannter Weise auf die an gemeinschaftlicher Achse befestigten Räder *r* und r_1, nach Maassgabe des Kohlenverbrauchs, in dem Verhältniss von 8 : 5. Die Bewegung übersetzt sich auf ein mit Windfang *w* versehenes Zahnrad, dessen Gang durch den Eingriff einer Sperrklinke des Hebels *h* gehemmt werden kann, welcher mit dem um *x* drehbaren Anker *a* des gewöhnlichen Elektromagneten *E* in fester Verbindung steht. Schraube *s* spannt eine am Hebel *h* befestigte Feder, wodurch derselbe in seiner Ruhelage erhalten, resp. der Anker *a* in die Ruhestellung zurückgeführt wird, wenn der elektrische Strom zu wirken aufhört. c/c_1 ist ein durch die Hebelbewegung sich schliessender und öffnender Contact, von dem der federnde Theil *c*, ebenso wie das eine Ende der Elektromagnetwicklung, mit dem Metallkörper der Lampe in leitender Verbindung steht. Beim Beginn des Betriebes wird das Räderwerk durch besondere Vorrichtung ausgelöst, womit beide Kohlen $k\,k_1$ zusammenlaufen. Der an c_1 [1]) tretende positive Strom führt, bei offenem Contact c/c_1, durch den Elektromagneten, über den Metallkörper der Lampe nach dem obern Kohlenhalter, durch beide Kohlen und Zahnstange z_1 [1]) nach der Elektricitätsquelle

---

[1]) c_1 und z_1 sind durch Horngummihülsen vom Gehäuse isolirt und ebenso das Rad r_1, in welches z_1 eingreift, von seiner Achse.

zurück. Der Strom ist hierbei stark genug, um den Anker a des Elektromagneten E zum Anzug zu bringen. Die Sperrklinke des Hebels h greift damit in das ihr gegenüberstehende kleine Zahnrad und dreht dasselbe etwas zurück, wodurch sich, in Uebertragung dieser Drehung, die Kohlen $k\,k_1$ soweit von einander entfernen, als zur Bildung des Lichtbogens erforderlich ist. Die Bewegung des Hebels h schliesst aber auch den Contact c/c_1, wodurch dem Strom ein kürzerer Weg nach dem Körper der Lampe resp. den brennenden Kohlen geboten ist; der Anker des Elektromagneten fällt wegen bedeutender Stromschwächung in demselben ab; die Kohlenspitzen nähern sich durch den Gang des frei gewordenen Räderwerks. Diese Wirkung ist aber nur von sehr kurzer Dauer, weil mit dem Abfall des Ankers auch Contact c/c_1 wieder geöffnet, der Strom also wieder auf den Weg durch den Elektromagneten geführt wird. So wiederholt sich das Spiel in schneller Folge während der Dauer des Betriebes, womit sich die normale Länge des Lichtbogens annähernd erhält, welche der Spannung des Ankers a resp. dem Abstande desselben von den Kernen des Elektromagneten entspricht. An diesen Theilen hat auch die Einstellung auf die gewünschte Lichtbogenlänge zu erfolgen. Aus dem Vorgange ist leicht zu erkennen, dass die Thätigkeit des Elektromagneten die Kohlen immer weiter von einander zu entfernen strebt, der Strom also

Fig. 130.



immer schwächer und endlich so schwach wird, dass der Elektromagnetanker in der Ruhelage beharrt. In diesem Zustande laufen die Kohlen soweit zusammen, bis der Strom wieder die zum Ankeranzuge erforderliche Stärke erlangt hat.

Wie bei Foucault-Duboscq und Serrin erhält sich das Licht in derselben Höhe. Die Construction ist einfach, die Regulirung functionirt gut, und bei Anwendung reiner Kohlen ist das Licht ziemlich ruhig.

§. 74.

Sonstige Constructionen und ergänzende Betrachtungen über die Lampenconstructionen.

Andere Lampenconstructionen von Le Molt, Harrison, Staite, Rapieff, Way, Lacassagne-Thiers, Wallace-Farmer, Archereau, Gaiffe, Marcus, Girouard, Lontin, Regnard, Chertemps, Carré, Thomson-Houston, H. Maxim, und Dornfeld (Krupp) sind von Fontaine [1]) meist ausführlich beschrieben, während Schellen [2]) unter andern eingehender als Fontaine die Dornfeld'sche Lampe behandelt. Eine von Cance construirte, für die Pariser Ausstellung 1881 gelieferte Lampe [3]) für den Betrieb mit continuirlichem Strom, zum Gebrauch als Einzellicht bestimmt, dürfte wegen ihrer complicirten Einrichtung für die Praxis weniger befriedigen.

Damit ist dieses Feld aber bei weitem noch nicht erschöpft. Täglich entstehen neue Formen, und die vorhandenen Constructionen unterliegen fortgesetzt weiteren Verbesserungen resp. Veränderungen. Unter solchen Umständen schien es uns im Allgemeinen nicht rathsam, die einzelnen Theile der Lampen specieller zu betrachten. Ueberall verdienen besondere Beachtung: die Vorrichtungen zur Einstellung der Kohlenstäbe beim Beginn des Betriebes, die Verbindung derselben mit dem Stromkreise, die Isolirung des Stromweges innerhalb der Lampe und das Material der

---

[1]) Die elektrische Beleuchtung von Hippolyte Fontaine.

[2]) Die magnet- und dynamo-elektrischen Maschinen von Dr. H. Schellen, Cöln 1879, mit besonderm Anhang 1880 (2. Aufl. 1882).

[3]) Beschrieben in Engineering, Vol. XXXIII, Nr. 837. Januar 13, 1882, Seite 30.

einer fortgesetzten schnellen Bewegung unterworfenen Theile, sowie auch die Brennzeit der Lampe resp. die Längen der zur Verwendung kommenden Kohlenstäbe.

Welchen Werth die Einstellung der Kohlen auf die Leistung hat, haben wir früher (S. 69) zu erkennen Gelegenheit gehabt; und daraus wird man zu beurtheilen im Stande sein, welche Anforderungen in dieser Richtung an die Construction gestellt werden müssen. Nicht minder wichtig ist der möglichst innige Anschluss der Kohlenstäbe an den Stromkreis. Wo Kohle und Kohlenhalter feste Lage haben, bietet dieser Anschluss keinerlei Schwierigkeiten; wohl aber bei beweglichen Theilen, welche meist schleifende Contacte führen. Dieselben sind stets mehr oder weniger unsicher, sofern dadurch nicht nur der Widerstand des Stromkreises vergrössert, sondern während der Bewegung auch in engern oder weitern Grenzen verändert wird. An den Spitzen der Kohlenstäbe resp. in deren Nähe angebrachte Contacte aus nicht oxydirbarem Material bieten den grossen Vortheil, dass der Widerstand der Kohlen selbst weniger abhängig wird von der dauernden Verkürzung derselben beim Brennen. Aber auch hierbei ist es wegen der geringen Leitungsfähigkeit des Kohlenmaterials, erwünscht, dass der Strom an den andern Theilen der Kohlenoberfläche möglichst viel Berührungspunkte finde.

Besondere Aufmerksamkeit ist auf gute Isolirung des Stromweges innerhalb der Lampe zu richten, damit nicht etwa unbeabsichtigte Stromableitungen oder Stromverzweigungen eintreten, welche die Lichtbildung beeinträchtigen. Wir haben nur in der zuletzt betrachteten Construction (Fig. 130) die im Stromwege isolirten Theile näher bezeichnet und dabei gesehen, dass der Metallkörper der Lampe selbst als Leiter des Stromes benutzt werden kann. Dies hat keinerlei Bedenken [1]), wenn dafür gesorgt ist, dass die metallische Verbindung des zweiten Kohlenstabes mit dem andern Pol der Elektricitätsquelle an keiner Stelle mit dem Lampenkörper in directer Berührung steht, und dieser selbst unter Umständen eine Grundplatte aus isolirendem Material erhält. Die Bekanntschaft mit den Isolationsverhältnissen des Stromkreises

---

[1]) Zur Abwendung von Gefahren beim Gebrauch der Lampen ist das Verlangen laut geworden, die leitenden Theile der Lampen ebenso wie die Drähte zu isoliren (S. 146); ein wirkliches Bedürfniss dürfte darin aber allgemein nicht zu erkennen sein.

giebt die einfachsten Mittel zur Sicherung des Betriebes leicht an die Hand.

Dass durch Abnutzung der beweglichen Theile einer Lampe die Regulirung gestört werden kann, ist einleuchtend; auch hat es keine Schwierigkeiten, diejenigen Theile zu erkennen, welche den grössern Einfluss auf den regelmässigen Gang der Regulirungsvorrichtung haben; und es ist selbstverständlich, dass man diese Theile durch die Wahl genügend harten Materials besonders zu schützen hat, wenn die Construction dauernd gut functioniren soll. Guter Stahl und Phosphorbronze stehen zu diesem Zwecke meist in Anwendung.

Die praktische Beleuchtung legt oft grossen Werth auf lange Dauer der Brennzeit, weil dabei die Unterhaltung vereinfacht wird und mit dem Ersatz verbrannter Kohlen verknüpfte Störungen vermieden werden. Die Brennzeit ist von der Beschaffenheit der Kohle und der Stärke und Länge der Kohlenstäbe abhängig. Die Stärke derselben hat einen gewissen Einfluss auf die Lichtausgabe (S. 71), lässt sich also nicht beliebig bestimmen, wie die Länge, für welche es nur darauf ankommt, wie weit die Lampenconstruction die grössere Länge der Kohlen zulässt, wonach der Werth der Lampe mit zu beurtheilen sein würde. Im Uebrigen knüpft sich an die Verwendung langer Kohlen überall darin ein pekuniärer Vortheil, dass dieselben weniger Abfall liefern, was bei dem verhältnissmässig hohen Preis der Kohlen nicht ohne Bedeutung ist. Allen Lampen fehlt eine Einrichtung, welche vor dem plötzlichen Verlöschen verbrauchter Kohlen auf deren Erneuerung vorbereiten könnte. Solche Einrichtung erscheint uns dringend wünschenswerth und wäre vielleicht am einfachsten durch Beimischungen zur Kohle zu bilden, welche kurz vor dem Verbrauch des Kohlenstabes zur Verbrennung kämen und darin die Farbe des Lichts veränderten.

Wenn wir bei Betrachtung der Constructionen besondern Werth darauf gelegt haben, mehr das Princip als die verschiedenen wirklichen Formen zu treffen, so glauben wir darin fühlbare Lücken umsoweniger befürchten zu müssen, als die gegenwärtige Ausbildungsperiode sich auch in fortwährendem Formenwechsel ausdrückt; in solchem Falle aber das längere Verharren bei untergeordneten Fragen, namentlich bei der Fülle des Materials, ausserordentlich ermüden würde, ohne wesentlichen Nutzen zu schaffen.

Die Empfindlichkeit der Regulirungsvorrichtung ist bei den verschiedenen Lampenconstructionen sehr verschieden. Wie jede Lichtmaschine für einen bestimmten äussern Kreis die beste Wirkung äussert, so auch im Allgemeinen jede Lampe in bestimmter Schaltung und Stromstärke. Die Construction würde aber unvollkommen sein, wenn die Regulirung nicht innerhalb gewisser Grenzen für verschiedene Stromstärken eingestellt werden könnte. Je weiter diese Grenzen liegen, desto grössere Beweglichkeit gestattet die Lampe in der praktischen Verwendung. Die Anforderungen an die Regulirungsvorrichtung erstrecken sich aber auch wesentlich mit darauf, dass dieselbe, für eine bestimmte Verbindung eingestellt, unempfindlich ist für die dabei unvermeidlichen Stromschwankungen, derart, dass dieselben die Functionen der Regulirungsvorrichtung nicht wesentlich stören. Daraus allein ergeben sich schon grosse Anforderungen; denn wie wir wissen, können Unregelmässigkeiten dieser Art verhältnissmässig bedeutend auftreten. Soweit dieselben auf der Lampenconstruction, dem Verbrauch und der Beschaffenheit der Kohlen resp. den Veränderungen im Lichtbogen beruhen, müssen die Stromschwankungen noch grösser werden, wenn zwei oder mehrere Lampen in denselben Stromkreis eingeschaltet sind und deren Unregelmässigkeiten gleichzeitig zum Ausdruck kommen[1]). Dieser Umstand tritt der Theilung des Lichts hindernd entgegen und wirkt um so empfindlicher, als die Theilung selbst schon das Licht schwächt (§. 11), der Verstärkung des Stromes durch beschleunigtern Gang der Maschine aber bestimmte Grenzen gesteckt sind (S. 45).

Die Erfahrung lehrt, dass gewisse Lampen in der Lichttheilung ganz unverwendbar, also nur befähigt sind zur Bildung des Einzellichts. Bis vor wenigen Jahren litten sämmtliche elektrische Lampen an diesem Mangel, und erst in der neuern Zeit ist es gelungen, eine grössere Zahl Flammen in demselben Stromkreise zu unterhalten. In jedem Falle ist zu unterscheiden, die Anforderung an die Regulirung für das Einzellicht und für das getheilte Licht; es ist aber bei der Lichttheilung auch nicht gleichgültig, wieviel Flammen im Kreise zu unterhalten sind.

Fast überall hat man, behufs Sicherung des Erfolges, die zur

---

[1]) Siehe darüber §. 17, S. 133.

Regulirung erforderliche Bewegung dem elektrischen Betriebsstrome selbst übertragen müssen [1]), theils in Anwendung von Solenoiden, theils von gewöhnlichen Elektromagneten. Als ein Uebelstand ist dabei aber zu betrachten, dass sich die Stromstärken auf die Bewegung und auf die Lichtbildung nicht ganz gleichmässig äussern.

Die magnetisirende Kraft des Stromes und die Wärmewirkung desselben sind bekannt, aber nicht in gleichem Maasse die Beziehung zwischen Wärme und Licht, welcher es auch zum Theil zuzuschreiben sein möchte, dass bei Anwendung verschiedener Widerstände im Lichtkreise, die nach dem Ohm'schen Gesetz (§. 2) zu berechnende Stromstärke häufig nicht mit der Lichtausgabe in Uebereinstimmung steht resp. der Lichtverlust, bei Verlängerung der Leitung, der Widerstandsveränderung nicht proportional ist.

Im Uebrigen äussert sich der Strom in der Solenoidverbindung verschieden auf die Bewegung der Regulirungsvorrichtung, und zwar nach Maassgabe der wechselnden Lage des Eisenstabes in der Spirale, so dass die anziehende Wirkung nicht gleichmässig in jeder Lage erfolgt. Diesem Mangel abzuhelfen, wird zuweilen die Wicklung der Spirale nicht gleichmässig über die ganze Länge derselben, sondern dem magnetisirenden Einfluss der verschiedenen Höhen entsprechend vertheilt (Fig. 127), oder der Eisenstab auf seiner Länge in entsprechend verstärkten Querschnitten [2]) gebildet, oder, wie die Construction Fig. 104 zeigt, in veränderter Gewichtswirkung der Eisenstab den wechselnden magnetisirenden Kräften entsprechend be- und ent-

---

[1]) In neuern Constructionen hat man die Bildung des Lichtbogens und die eigentliche Regulirung desselben getrennt (Fig. 103, 112, 120 etc.); und in einer Construction (Brockie) aus neuester Zeit lässt man die obere Kohle in kurzen Intervallen durch fortgesetztes momentanes Unterbrechen oder Umkehren des Stromes bis zur Berührung der untern Kohle fallen, während der circulirende Strom erstere stets auf die normale Lichtbogenlänge wieder anhebt. Die Thätigkeit des Elektromagneten beschränkt sich hierbei auf fortgesetzte intermittirende Bewegung des Ankers, dessen Anzug die obere Kohle mittelst Klemmvorrichtung hebt, welche sich beim Rückgang des Ankers öffnet.

[2]) In einer Construction „Pilsen" (Krizik) ist der cylindrische Eisenstab durch zwei an ihren Grundflächen verbundenen Kegeln aus weichem Eisen ersetzt (sub c dieser Abtheilung).

lastet. Bei Anwendung gewöhnlicher Elektromagnete ist die Entfernung des Ankers vom Kern von grossem Einfluss auf die Empfindlichkeit [1]); auch ist es nicht besonders zweckmässig, der elektrischen resp. magnetischen Wirkung des Stromes eine mechanische Gegenkraft (Feder- oder Gewichtanziehung) gegenüber zu stellen.

Jedenfalls erscheint es fördernd, in demselben System die gröbere von der feinern Regulirung zu trennen.

Diese Betrachtungen treffen beide Fälle gleichmässig, ob es sich um Unterhaltung des Einzellichts handelt oder um den Gebrauch mehrerer Lampen in demselben Kreise.

Die Veränderungen innerhalb des Lichtbogens sind offenbar wesentliche Veranlassung, dass die Unterhaltung mehrerer Lampen in demselben Stromkreise auf Schwierigkeiten stösst. Schon die Jablochkoff'schen Kerzen (Fig. 29), in denen der Lichtbogen in unveränderlicher Länge erhalten wird, sind der Theilung des Lichts günstiger. Allerdings kommt dabei auch der Umstand mit in Betracht, dass der Betrieb dieser Kerzen mit Wechselstrommaschinen (§. 26 ff.) erfolgt, welche den magnet-elektrischen Maschinen (§. 32) am nächsten stehen, die in der unveränderlichen Kraft permanenten Magnete den störenden Einflüssen nicht in dem Maasse ausgesetzt sind, wie die meisten dynamo-elektrischen Maschinen. Die Construction der letzteren richtet sich aber ernstlich auf Abstellung dieser Einflüsse [2]), und schon jetzt tritt ein merkbarer Unter-

---

[1]) Die Anziehung steht im umgekehrten Verhältniss des Quadrats der Entfernung zwischen Kern und Anker.

[2]) M. Deprez schlägt vor, die inducirenden Elektromagnete mit zwei Spiralen zu umgeben, von denen eine vom constanten Strom einer besondern Elektricitätsquelle, die andere vom inducirten Arbeitsstrom durchflossen wird, welche den ganzen Arbeitsstrom empfangen soll, wenn die Apparate neben einander geschaltet sind (§. 15); aber nur einen Zweigstrom aus demselben, wenn dies nicht der Fall.

Die Theilung des inducirten Arbeitsstromes hat man thatsächlich bereits mit Erfolg in Anwendung gebracht, wobei von den beiden schleifenden Bürsten zwei Kreise ausgehen, einer mit grösserm Widerstand für die Elektromagnete, der andere mit geringem Widerstand als directer Lichtkreis oder aber auch in der Führung beider Kreise durch die Elektromagnete, welche danach eine zweite Wicklung von grösserm Widerstand erhalten.

Dass auch mit einem grössern Widerstande im Lichtkreise den Stromschwankungen aus dem Verhalten der dynamo-elektrischen Maschine zu

schied in den dynamo-elektrischen Maschinen hervor, so dass in Absicht der Lichttheilung nicht nur die Lampen, sondern auch die Lichtmaschinen ins Auge zu fassen sind. Was mit der einen Maschine nicht gelingt, ist vielleicht mit einer andern zu erreichen, wonach auch die Verwendbarkeit der Lampen mit zu beurtheilen ist. So unterhält die Maschine von Brush (§. 24) in der öffentlichen Beleuchtung der Strassen Londons (S. 101) 32 Stück seiner im continuirlichen Strom brennenden Lampen (S. 330) in demselben Kreise, und auch die von Gramme construirten neuen Maschinen (§. 33) werden bereits zur Einschaltung bis zu 20 Lampen hergestellt.

Dem günstigern Verhältniss der Jablochkoff'schen Kerzen in Theilung des Lichts, soweit solche nicht etwa durch die Gypsverbindung unterstützt wird, stehen offenbar die Lampe Heinrichs (§. 56) und ähnliche Constructionen am nächsten; obgleich darin der einfache Elektromagnet zur Anwendung kommt, so hat derselbe doch nur die einfache Aufgabe zu erfüllen, die Länge des Lichtbogens in einmaliger Bewegung herzustellen, während die eigentliche Regulirung hier ebensowenig wie bei Jablochkoff erfolgt.

Dass nach allen diesen Betrachtungen die Theilung des Lichts am vollkommensten in der Incandescenz-Beleuchtung (§. 13) zu erreichen, leuchtet ohne Weiteres ein.

Hiernach kommt es bei den übrigen Lampen, welche eine fortwährende Regulirung der Lichtbogenlänge fordern, wesentlich darauf an, dass selbst die geringsten Veränderungen darin, sofort ausgeglichen werden, die Bogenlänge in allen Lampen also stets gleich bleibt. Dazu müsste aber die zur Regulirung erforderliche Stromstärke in allen Lampen bei bestimmtem Widerstande der einzelnen Lichtbogen auftreten, was nicht nur constante Vorgänge im gesammten Stromkreise, sondern auch in den Theilen desselben bedingt. Dies ist indess, wie uns bekannt, weder für die elektromotorische Kraft noch für den Wider-

---

begegnen ist, haben wir bereits im §. 17 (S. 133) behandelt. Wir können hinzufügen, dass mittelst der Lichtmaschine von Brush (S. 169) durch 20 Tage eine täglich 16 stündige ununterbrochene, gute Beleuchtung auf einer Entfernung von 35 km, in Anwendung eines 4 mm starken Eisendrahts als Verbindungsleitung zwischen Maschine und Lampen, geliefert sein soll.

stand der Leiter etc. zu unterstellen; man griff deshalb zu dem Mittel, die einzelnen Lampen eines Kreises selbständig zu machen, jeder Lampe innerhalb des Hauptkreises einen besondern Stromkreis zuzuweisen, welcher den Einflüssen der Vorgänge, sowohl des Hauptkreises wie der übrigen Specialkreise, möglichst entzogen ist.

Wir haben dieses Verhältnisses bereits am Schlusse des §. 45 gedacht und in Fig. 102a eine Skizze dazu geliefert, werden aber an dieser Stelle, nach erfolgter Betrachtung mehrerer Lampenconstructionen, noch etwas näher darauf einzugehen haben.

Diejenigen Lampen mit veränderlicher Lichtbogenlänge, bei denen die Kohlen resp. das brennende Licht und die Windungen des regulirenden Elektromagneten *E* oder der regulirenden Spirale (Solenoid) in der Hintereinanderschaltung im Stromkreise liegen (Fig. 131), können im Allgemeinen mit Sicherheit nur zur Erzeugung des Einzellichts im Kreise verwendet werden. Aber auch in solcher beschränkten Verwendung sind die Leistungen der Constructionen verschieden, nach Maassgabe theils der Beschaffenheit und des Betriebes der Lichtmaschinen, theils der gewählten Verbindungen und endlich der Empfindlichkeit der Regulirungsvorrichtung selbst.

Die Construction und Wirkung der Elektromagnete hier zu behandeln, würde zu weit führen, ebenso die damit eng verbundene speciellere Betrachtung der Solenoidwirkung (S. 62). Die magnetisirende Kraft der Spirale [Product aus Windungszahl und Stromstärke (siehe Anmerkung 1 zu S. 31)] wirkt bei den Elektromagneten auf Anziehung eines Ankers, bei den Solenoiden auf Anziehung eines Stabes aus weichem Eisen, welches dabei magnetisirt wird, während dem Anzug meist eine mechanische Gegenkraft in der Form gewöhnlicher Spannfedern gegenübersteht. Man kann die dadurch stattfindenden Bewegungen trennen, wie beispielsweise in der Lampe Crompton (Fig. 112) zum Ausdruck gekommen, wo der Anzug des Ankers *a* den Lichtbogen herstellt, während die mit dem Anker beweglich verbundene Platte, in leichterer Bewegung, die normale Bogenlänge zu unterhalten hat. Ebenso in Anwendung der Solenoidwirkung bei der Lampe Brush (Fig. 26a), wo die gröbere Bewegung des Eisencylinders *c* die Kohlenspitzen von einander entfernt, während der innerhalb desselben befindlichen Eisenstange *e* die weitere Regulirung der Lichtbogenlänge

zufällt. Solche combinirten Einrichtungen sind, bei sonst zweckmässiger Anordnung, der einfachen Ankerbewegung vorzuziehen. Immerhin liegt in der Hintereinanderschaltung der Regulirungsvorrichtung und des Lichtbogens ein wesentliches Hinderniss für die Unterhaltung mehrerer Lampen in demselben Stromkreise. Im Uebrigen ist leicht einzusehen, dass dabei der Gesammtwiderstand des Stromkreises durch den grössern Widerstand der Drahtwindungen zum Nachtheil des nutzbaren Stromes erhöht wird.

Nehmen wir den Widerstand des Lichtbogens, einschliesslich des Kohlenwiderstandes, zu $2\ S.E$, den der Drahtwindungen des Elektromagneten E zu $4\ S.E$ und den Widerstand der sonstigen Theile des Gesammtkreises zu $3\ S.E$, also den Gesammtwiderstand des Stromkreises zu $9\ S.E$ an, so ergiebt sich nach dem Ohm'schen Gesetz (§. 2) eine über den ganzen Kreis gleichmässig vertheilte Stromstärke von $\frac{E}{9}$, welche zum Theil innerhalb des festen Leiters in Wärme umgesetzt wird, theils auf die Magnetisirung des Elektromagneten zur Verwendung kommt und mit dem Rest auf die Lichtbildung entfällt.

Anders ist das Verhältniss in denjenigen Lampen, in denen das Licht und die magnetisirende Spirale (Elektromagnet oder Solenoid) in einer Verzweigung des Hauptstroms liegen (Fig. 132).

Fig. 131.

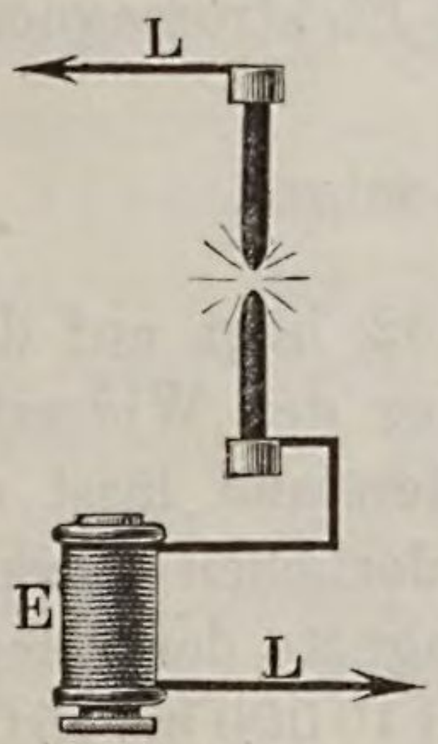
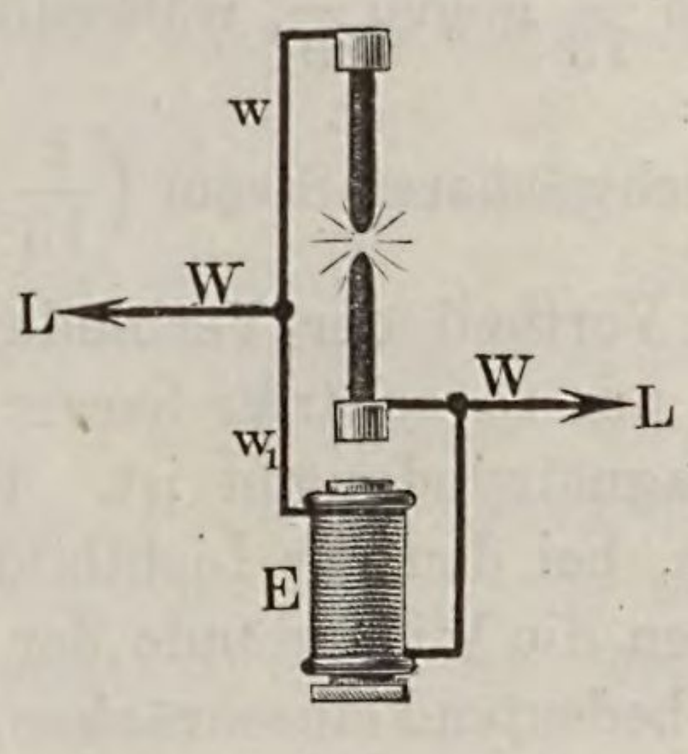


Fig. 132.

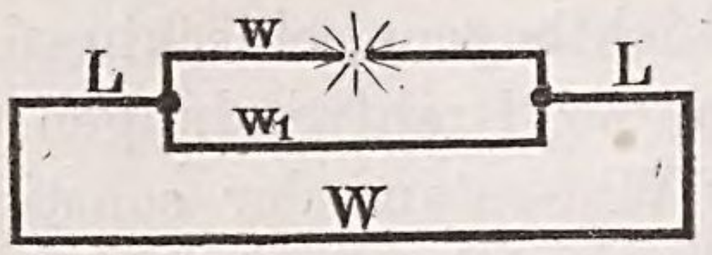


Hier ist, unter vorstehenden Annahmen, der Widerstand w des Lichtzweiges $2\ S.E$, des Elektromagnetzweiges w_1 $4\ S.E$, während die beide Zweige einschliessende Hauptleitung L $3\ S.E$ Widerstand (W) enthält. Das Bild tritt in der Form, Fig. 132a (a. f. S.) klarer heraus. In solcher Verbindung berechnet sich der Gesammt-

widerstand des Kreises zu $W + \frac{w \,.\, w_1}{w + w_1}$, und nach den Gesetzen der Stromverzweigung entfallen von der hiernach zu bestimmenden Gesammtstromstärke $\frac{w_1}{w + w_1}$ auf den Lichtzweig und $\frac{w}{w + w_1}$ auf den Elektromagnetenzweig [1]).

In unserm Falle würde sonach der Gesammtwiderstand des Kreises $3 + \frac{2 \,.\, 4}{2 + 4} = 4{,}33 \ldots S.E$ betragen, was nach dem Ohm'schen Gesetz eine Gesammtstromstärke von $\frac{1}{4{,}33 \ldots}$ ergiebt, wenn die elektromotorische Kraft gleich Eins gesetzt wird; und es treffen auf den Lichtzweig $\frac{1}{4{,}33 \ldots} \times \frac{4}{6} = \frac{2}{13}$ und auf den Elektromagnetzweig $\frac{1}{4{,}33 \ldots} \times \frac{2}{6} = \frac{1}{13}$.

Fig. 132 a.



Die in jedem Punkt des ungetheilten Leiters L auftretende Gesammtstromstärke wäre hier $\left(\frac{1}{4{,}33 \ldots}\right)$ doppelt so gross, als in der Verbindung Fig. 131 $\left(\frac{1}{9}\right)$, und die Stromstärke zur Bildung des Lichts $\frac{2}{13}$ gegen $\frac{1}{9}$, während durch die Elektromagnetwindungen ein schwächerer Strom $\left(\frac{1}{13} \text{ gegen } \frac{1}{9}\right)$ führte.

Der Vortheil der Verbindung Fig. 132 liegt auf der Hand und tritt um so schärfer hervor, je grösser der Widerstand der Elektromagnetwindungen ist. Dieser Widerstand lässt sich nun allerdings, bei den zur Lichtbildung erforderlichen starken Strömen, gegen die Widerstände der Elektromagnete der Telegraphenapparate bedeutend einschränken, welche bei 10 000 bis 15 000 Windungen bis zu 600 $S.E$ Widerstand und darüber führen. Zur Beurtheilung des Bedürfnisses ist zu berücksichtigen, dass das Product aus Windungszahl und Stromstärke die magnetisirende

---

[1]) Siehe Anmerkung zu S. 91.

Kraft der Spirale ausdrückt[1]) und der Strom, zur Bildung des Lichts durch Lichtmaschinen, etwa 3000 mal stärker ist, als der Telegraphirstrom; immerhin wird die Ueberlegenheit der Verbindung Fig. 132 gegen Fig. 131 anzuerkennen sein.

Dies ist aber nicht der eigentliche Zweck unserer Betrachtung; derselbe läuft vielmehr darauf hinaus, den Werth der Zweigverbindung bei Unterhaltung mehrerer Lampen in demselben Stromkreise nachzuweisen. Zu diesem Ende wollen wir die Veränderung verfolgen, welche in der Verbindung Fig. 132 eintritt, wenn sich durch den Kohlenverbrauch der Widerstand des Lichtbogens erhöht. Nehmen wir an, derselbe wäre unter diesem Einfluss von 2 auf 4 $S.E$ gesteigert, dann betrüge die Gesammtstromstärke $\frac{1}{3 + \frac{4.4}{4+4}} = \frac{1}{5}$, wovon auf den Lichtzweig $\frac{4}{8}$ und ebensoviel auf den Elektromagnetzweig entfallen würden, d i. $\frac{1}{10}$. Es hätte sich also, durch die Vergrösserung des Widerstandes im Lichtzweige, der Strom im Elektromagnetzweige verstärkt $\left(\frac{1}{10}\right.$ gegen $\left.\frac{1}{13}\right)$, und diesem verstärkten Strom würde die Regulirung der Lichtbogenlänge zufallen, während diese Function in der Verbindung Fig. 131 dem durch die Verlängerung des Lichtbogens geschwächten Strom zukäme. Dieser Umstand begründet indess keinen besondern Nutzen, da es gleichgültig ist, ob die zur Regulirung erforderliche Bewegung durch die Verstärkung oder durch die Schwächung des Stromes veranlasst wird. Wir haben aber weiter zu untersuchen, wie sich die Verhältnisse gestalten, wenn die Veränderung des Widerstandes in der Hauptleitung erfolgt. Nehmen wir an, dass bei normaler Länge des Lichtbogens, also bei 2 $S.E$ Widerstand, der Widerstand im Hauptkreise um 2 $S.E$ verstärkt wäre, der Gesammtwiderstand desselben also 5 statt 3 $S.E$ betrüge, so hätten wir als Gesammtstromstärke $\frac{1}{5 + \frac{2.4}{2+4}}$

---

[1]) Dass dies für die stärkern Ströme nicht vollkommen in dem Maasse zutrifft, wie für die schwachen Telegraphirströme, werden wir für unsere Betrachtungen unbeachtet lassen können.

$= \frac{1}{6{,}33\ldots}$, wovon auf den Lichtzweig $\frac{4}{6}$, mit $\frac{2}{19}$, und auf den Elektromagnetzweig $\frac{2}{6}$, mit $\frac{1}{19}$, treffen.

Es stehen sich also in den betrachteten drei Fällen gegenüber

	für den Lichtzweig	und für den Elektromagnetzweig
aus dem ersten Falle	$\frac{2}{13}$	$\frac{1}{13}$
aus dem zweiten Falle	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{10}$
aus dem dritten Falle	$\frac{2}{19}$	$\frac{1}{19}$

Hiernach hat sich auch im dritten Falle die Stromstärke im Elektromagnetzweig geändert; es ist aber das Verhältniss der Stromstärken beider Zweige dasselbe geblieben, wie im ersten Falle; und darin ist vorzugsweise die Unterstellung begründet, dass in der Verbindung Fig. 132 oder in andern ähnlichen Arrangements, die Regulirung einer Lampe nur von den Vorgängen innerhalb ihres eigenen Stromkreises ($w\,w_1$) abhänge und von Veränderungen ausserhalb desselben (L) nicht störend beeinflusst werde. Bis zu einem gewissen Grade kann man dies zugeben, indess ist der Erfolg doch wesentlich bedingt durch das specielle Arrangement, namentlich auch durch das Verhältniss der Widerstände beider Zweige zu einander. In der Praxis gestaltet sich die Sache nun aber auch insofern wesentlich anders, als Differenzen, wie wir für die Veränderung des Widerstandes angenommen haben, bei guten Einrichtungen nicht vorkommen dürfen. Solche müssen aber stets vorausgesetzt werden, weil mit mangelhaften Constructionen überhaupt befriedigende Resultate nicht zu erreichen sind; je leichter der Apparat auf sehr geringe Widerstandsveränderungen reagirt, desto besserer Erfolg ist zu erwarten, und wie leicht zu begreifen, wird die Regulirung, bei passender Wahl der Zweigwiderstände, am vollkommensten erfolgen, wenn sich innerhalb beider Zweige Elektromagnetrollen befinden, welche ihre Wirkung, nach der Differenz der wechselnden Stromstärken, auf die Bewegung eines Ankers etc. gemeinschaftlich äussern (Differentiallampen). In solchem Falle haben Vorgänge

im Hauptkreise, welche die Stromstärken verändern, am wenigsten Einfluss auf die Regulirungsvorrichtung, weil die Ströme in beiden Zweigen der Lampe um gleichviel ihrer Stärke, bei normalem Lichtbogen, ab- oder zunehmen, die Summe ihrer Wirkung auf den gemeinschaftlichen Anker etc. also das Gleichgewicht desselben nicht stört, dessen Vorhandensein bei normalem Lichtbogen vorausgesetzt wird. Einer derartigen Anordnung begegnen wir u. a. in der Lampe Fontaine (Fig. 103), deren Stromlauf der bessern Uebersicht wegen, in Fig. 133 schematisch dargestellt ist, und zwar in nahe gleicher Lage der Verbindungen unter den Elektromagneten $E_1 E_2 E_3$ wie in Fig. 103.

Fig. 133.

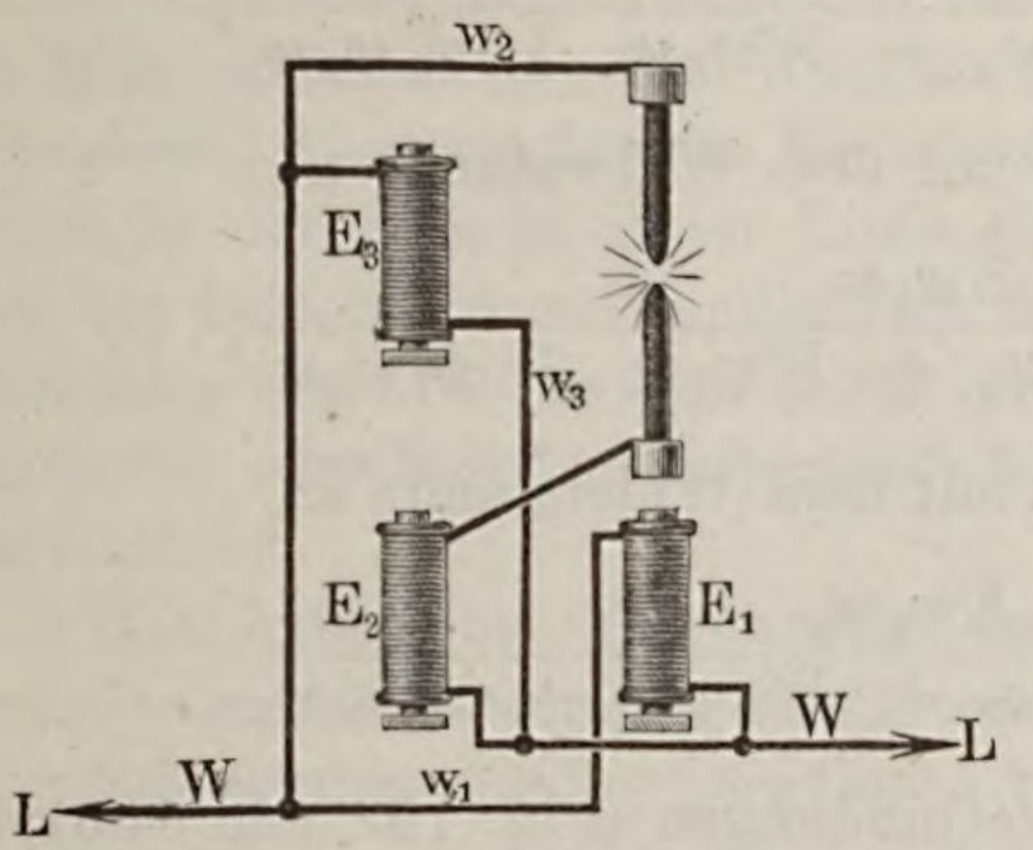
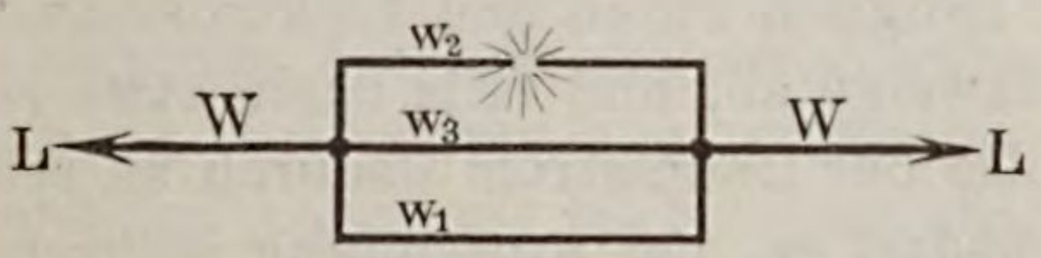


Fig. 133 a.



Daraus lässt sich das einfachere Bild Fig. 133a herstellen, in welchem die betreffenden Elektromagnete resp. das brennende Licht und die Kohlen mit ihren Widerständen $w_1 w_2 w_3$ bezeichnet sind, während W den Widerstand der unverzweigten, die Wicklungen der Lichtmaschine enthaltenden Leitung L darstellt.

Für solche dreifach verzweigte Verbindung berechnet sich der Gesammtwiderstand des Kreises nach der Formel

$$W + \frac{w_1 w_2 w_3}{w_1 w_2 + w_1 w_3 + w_2 w_3}$$

und nach dem Ohm'schen Gesetz die Gesammtstromstärke zu

$$\frac{E}{W + \dfrac{w_1 w_2 w_3}{w_1 w_2 + w_1 w_3 + w_2 w_3}} = \frac{E(w_1 w_2 + w_1 w_3 + w_2 w_3)}{W w_1 w_2 + W w_1 w_3 + W w_2 w_3 + w_1 w_2 w_3},$$

wovon auf die Zweigleitungen, nach den Gesetzen der Stromverzweigung, im umgekehrten Verhältniss der Widerstände entfallen:

1) auf die Zweigleitung mit dem Widerstande w_1

$$\frac{E w_2 w_3}{W w_1 w_2 + W w_1 w_3 + W w_2 w_3 + w_1 w_2 w_3},$$

2) auf die Zweigleitung mit dem Widerstande w_2

$$\frac{E w_1 w_3}{W w_1 w_2 + W w_1 w_3 + W w_2 w_3 + w_1 w_2 w_3},$$

3) auf die Zweigleitung mit dem Widerstande w_3

$$\frac{E w_1 w_2}{W w_1 w_2 + W w_1 w_3 + W w_2 w_3 + w_1 w_2 w_3}.$$

Wenn in solchen Zweigverbindungen (Fig. 132 und 133) das Licht verlischt, während die Kohlen sich nicht berühren resp. verbraucht sein sollten, der Lichtzweig also überhaupt unterbrochen ist, so fliesst der Hauptstrom lediglich durch den Elektromagnetzweig resp. die Elektromagnetzweige ab, und falls darin etwa ein grösserer Widerstand liegen, also der Hauptstrom dadurch zu sehr geschwächt werden sollte, so bedarf es, bei Anwendung mehrerer Lampen im Kreise, der selbstthätigen Einschaltung [1]) eines

---

[1]) Eine derartige Einrichtung ist u. a. in der Construction Fig. 128 vorgesehen; eingehendere Betrachtungen darüber halten wir bei der Einfachheit des betreffenden Verhältnisses für überflüssig. Es ist bekannt, dass sich mit dem Verlöschen des Lichts der Strom im Nebenzweige verstärkt, so dass also durch Benutzung eines besondern, gewöhnlichen Elektromagneten in diesem Nebenzweige, stets die Bewegung eines bei brennendem Licht ruhenden Ankers zur Verfügung steht, welche dienen kann, in Stelle des Lichtzweiges eine besondere Zweigverbindung einzuschalten, deren Widerstand dem des ausgetretenen Lichtzweiges nahe entspricht.

Ein ähnliches Arrangement kann aber auch für das Einzellicht zweckmässig erscheinen, um den durch zufälliges Verlöschen des Lichts unterbrochenen Stromkreis wieder zu schliessen und dadurch zu verhindern, dass die dynamo-elektrische Maschine, nach Aufhebung des eigentlichen Widerstandes für die mechanische Bewegung (S. 41) zu heftig rotirt. In solchem Falle würde die erforderliche Bewegung des Ankers eines in den Stromkreis eingeschalteten besondern Elektromagneten in dem bei Unterbrechung des Stromes eintretenden Ankerrück-

besondern Zweiges von geringem Widerstande, um die Leistungen der andern Lampen nicht zu stören.

Nach diesen Ausführungen dürfte es keine besonderen Schwierigkeiten haben, die praktische Verwendbarkeit jeder Lampe allgemein zu beurtheilen, während das speciellere Urtheil aber auch die Bekanntschaft mit den Widerstandswerthen fordert, wobei zu bemerken, dass die für die Benutzung mehrerer Lampen in demselben Stromkreise in erster Linie erforderlichen Zweigverbindungen, die Bildung eines Theilkreises für jede Lampe, überall leicht ausführbar sind. Ob es sich dabei um die Anwendung von Elektromagneten oder Solenoiden handelt, begründet keinen wesentlichen Unterschied.

Wir haben bei Vorführung der verschiedenen Lampenconstructionen die Trennung in Classen nach einzelnen Merkmalen oder Rangstufen aus der gewählten Verbindung unter den Kohlenstäben und der Regulirungsvorrichtung vermieden und selbst die Differentiallampen nicht besonders gruppirt, theils um die Gedanken nicht einzuschränken, theils der Betrachtung die gegen Ermüdung schützende Abwechslung zu gewähren. Wir erblicken Einschränkungen darin, dass man durch die Gruppirung zu dem Glauben verleiten kann, als ob einzelne charakteristische Unterschiede ein sicheres Urtheil über den Werth resp. die Leistungsfähigkeit der Constructionen begründe, also etwa alle Differentiallampen durch die höchste Leistung ausgezeichnet, alle Lampen für Einzellicht dagegen, als überwundener Standpunkt, der Beachtung weniger werth wären. So liegen die Verhältnisse nicht; mit der Differentialwirkung allein ist es nicht abgethan; es kommt wesentlich darauf an, dass die Widerstände der eingeschalteten Spiralen in einem bestimmten Verhältniss zu einander stehen und dass sich auch der Widerstand des Lichtbogens in bestimmtem Werthe erhält. Wir wissen aber, dass sich die Widerstände der Leiter unter dem Temperaturwechsel verändern und der Widerstand des Lichtbogens mit seiner Verlängerung wächst, wodurch jene Verhältnisse

---

gange zu suchen sein. Solche Ankerbewegungen, sei es aus verstärktem oder unterbrochenem Strom, lassen sich selbstverständlich auch benutzen, um für kurze Brennzeit eingerichteten Hülfslampen den elektrischen Strom zuzuführen, behufs des vorübergehenden Ersatzes für das zufällig verlöschte Licht.

verschoben werden. Je stärkere Ströme zur Verwendung kommen, desto mehr erhitzt sich die Drahtwicklung, desto höhere Temperatur nehmen die Flammen an; während erstere aber dabei an Leitungsfähigkeit einbüsst (S. 10), steigert sich dieselbe in den Flammen. Die Temperatur derselben erhöht sich indess auch durch Verlängerung des Lichtbogens, sofern sich nach dem Joule'schen Gesetz in dem grössern Widerstand mehr Wärme entwickelt (S. 71). Das rechte Verhältniss für die Ausgleichung der Veränderungen zu finden, stösst auf Schwierigkeiten, und somit würden, selbst wenn die Stromstärken constant zu erhalten wären, auch den Differentiallampen Mängel anhaften, welche im Betriebe recht empfindlich hervortreten und sich der umfangreichern Lichttheilung entgegenstellen können. Jedenfalls ist dieses Ziel mit dem blossen Vorhandensein der Nebenschlussschaltung resp. der Differenzwirkung nicht gesichert. Einfachheit der Construction, bei möglichst unmittelbarer Wirkung der Bewegung auf die Kohlenhalter, in solcher Schnelligkeit, dass die geringsten Störungen des Gleichgewichts sofort ausgeglichen werden, ist nothwendig erforderlich. Wo die Mechanik den Veränderungen im Stromkreise nicht schnell genug zu folgen im Stande, müssen selbst die sinnreichsten Constructionen versagen; aber auch die schnelle Bewegung bedarf bei der Empfindlichkeit des elektrischen Lichtbogens des gleichmässigen Verlaufs, welcher durch Anwendung geeigneter, feiner Hemmungen zu erstreben ist.

Diese an die Mechanik geknüpften Erfordernisse für jede Lampenconstruction lassen sich auch an den Lampen für Einzellicht studiren, welche daher unser Interesse in gleichem Maasse verlangen, wie die Lampen der sogenannten höhern Rangclassen, ganz abgesehen davon, dass es oftmals nur sehr geringer Aenderungen bedarf, um die Lampe für das Einzellicht mit Nebenschlussschaltung zu versehen.

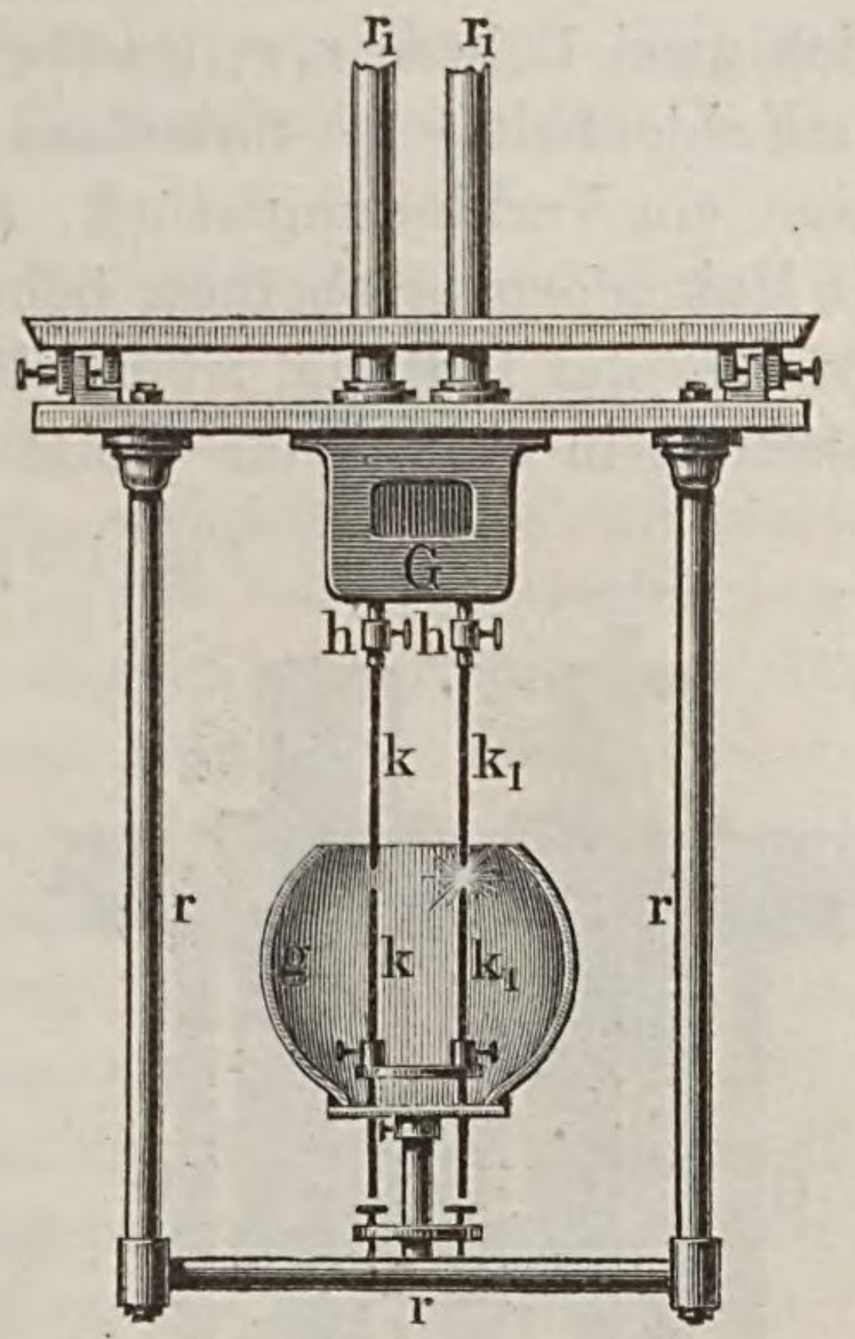
Bei dieser Sachlage ist es nicht möglich, die verschiedenen Lampenconstructionen aus der einfachen Betrachtung nach ihrem wirklichen Werthe zu ordnen. Die charakteristischen Schaltungsunterschiede sind überall leicht erkennbar, ohne dass es dazu besonderer Gruppirung bedarf; die sonstigen wesentlichen Erfordernisse sind aber dem Blick meist verschlossen und werden theilweise sogar als Fabrikgeheimnisse behandelt. Wir glauben, in der Vorführung der verschiedenen Lampenconstructionen den Weg ge-

wählt zu haben, auf welchem die Einführung ohne grossen Aufwand an Zeit und Kraft sichern Erfolg verspricht.

Einer eigenthümlichen Wirkung begegnen wir in der Construction Brush (Fig. 26a) und zwar in der Stellung des Eisenstabes *e* innerhalb des Eisencylinders *c*. Beide werden durch den in der Spirale circulirenden Strom in gleichem Sinne magnetisirt, wobei zu beachten ist, dass bei einer bestimmten Lage die Spirale *E* sowohl, wie auch der durch den Strom magnetisirte Eisencylinder *c* den Stab *e* zu heben streben, der sich unter der Stromschwächung, in Folge des Verbrennens der Kohle, durch seine eigene Schwere fortwährend senkt, welchem Bestreben aber die eigenthümliche ausstossende Wirkung des Eisencylinders *c* (Polarität *N. S.*) auf den Eisenstab *e* (Polarität *n. s.*) entgegentritt (Fig. 134), bis derselbe eine gewisse Tiefe erreicht hat.

Fig. 134.

Fig. 135.



Die für den ersten Abschnitt von uns wegen ihrer grossen Einfachheit gewählte Brush-Lampe gehört zu den ältern Constructionen und ist zur Bildung des Einzellichts bestimmt; dieselbe genügt den Anforderungen nicht, wenn mehrere Flammen im Kreise unterhalten werden sollen. Für diesen Fall hat Brush

andere Arrangements getroffen, aber auch damit so ausserordentlich günstige Resultate erzielt, dass das System die allgemeine Aufmerksamkeit erregt. Aus diesem Grunde heben wir dasselbe gewissermaassen besonders heraus, indem wir die gegenwärtig weit verbreitete neuere Form der Lampe an dieser Stelle behandeln, wohin wir dieselbe auch deshalb verweisen, weil an diesem vielfach erprobten System am sichersten zu erkennen, mit welcher Vorsicht die Regulirung zu umgeben ist, wenn die Theilung des Lichts in grossem Umfange zur Ausführung kommen soll (S. 101).

Wir wählen für unsere Betrachtungen die Lampe mit doppelten Kohlen und präsentiren in Fig. 135 (a. v. S.) die Generalansicht derselben. kk und $k_1 k_1$ sind die beiden Kohlenpaare, g ist die das Licht bedeckende Glasglocke, getragen im festen Rahmen r von einer kleinen Säule mit Glockenhalter, welche durch drei Stellschrauben die axiale Einstellung der Kohlenpaare gestattet; im Gehäuse G befindet sich die Regulirungsvorrichtung, über welche hinaus sich zwei Röhren $r_1 r_1$ erheben, in deren innern Raum sich die obern Kohlenhalter hh fortsetzen; beide Röhren schliessen sich oben durch ein Verbindungsstück, auf welchem die Endpole der Lampe in Hakenform erscheinen, behufs Einhängung in zwei Oesen, als Endpunkte der Leitung, womit die Einschaltung der Lampe in den Stromkreis in einfachster Weise erfolgt.

Fig. 135 a.

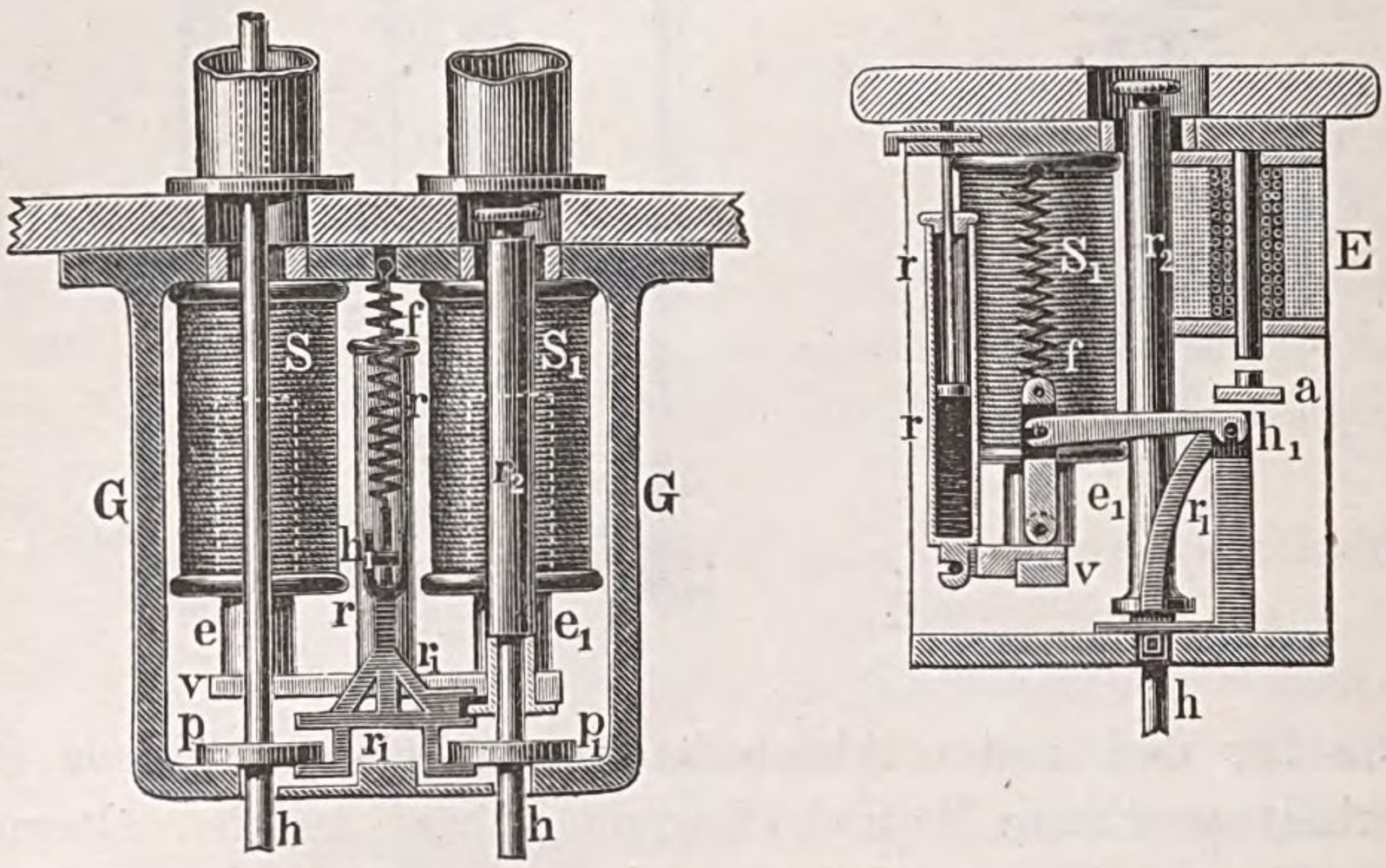


Fig. 135 a zeigt die innere Einrichtung des Gehäuses G. SS_1 sind zwei Spiralen mit doppelten Windungen, ee_1 die in deren

innern Raum hineinragenden, unten durch ein Querstück v verbundenen Eisenkerne. Denselben zunächst liegen die Windungen aus starkem Kupferdraht mit geringem Widerstande, und darüber befinden sich die Windungen aus feinem Kupferdraht mit grossem Widerstande; die Lage beider Windungen ist aus dem Durchschnitt des besondern Elektromagneten E zu erkennen, dessen Zweck wir später betrachten. Die starken, parallel geschalteten Windungen beider Spiralen $S S_1$ liegen im Lichtkreise, also im Hauptstrom, und die feinen Drähte verzweigen daraus, führen somit einen Zweigstrom; beide Wicklungen sind aber so verbunden, dass dieselben in entgegengesetztem Sinne von den Strömen durchflossen werden, der Zweigstrom also schwächend auf den in den starken Windungen circulirenden Hauptstrom wirkt. Die Wirkung beider Ströme ist durch die Zahl der Windungen so angeordnet, dass bei normaler Lichtbogenlänge der Hauptstrom überwiegt. Derselbe führt nach dem Austritte aus den starken Spiralwindungen an den Lampenkörper, über Metallpinsel an die obern Kohlenhalter h, durch die Kohlen nach dem negativen Pol der Lampe.

Das die Eisenkerne $e e_1$ verbindende Querstück v wirkt an einem durch Spiralfeder f unterstützten Hebel h_1, welcher ein mit Glycerin gefülltes Rohr r und, in der Nähe seines Drehpunktes, einen kleinen Rahmen r_1 trägt. $h h$ sind die obern Kohlenhalter, welche durch die Oeffnungen zweier auf dem Gestell lose lagernder Ringplatten $p p_1$ führen; dieselben werden durch Gabeln des Rahmens r_1 seitlich angehoben, wenn die Eisenkerne $e e_1$ durch den circulirenden Strom tiefer in ihre Spiralen eintreten, klemmen die Kohlenhalter $h h$, welche dadurch genöthigt sind, der Bewegung zu folgen. Damit dieselbe resp. die Trennung der in der Ruhelage sich berührenden Kohlenspitzen, zur Bildung des Lichtbogens, nicht zu heftig verläuft, ist in der Glycerinfüllung des Röhrchens r dadurch ein Widerstand gegeben, dass aus der Decke des Gehäuses G ein kleiner Kolben in die Flüssigkeit taucht, welcher das gleichzeitig erfolgende Heben des Röhrchens r hemmt. Durch eine geringe Verstellung der Gabeln des Rahmens r_1 ist dafür gesorgt, dass der eine Kohlenhalter etwas früher angehoben wird als der andere, das Licht also zunächst nur in dem zuletzt getrennten Kohlenpaar (hier das rechtsliegende) auftreten kann, weil damit erst die Verbindung unter den festen Leitern aufgehoben wird.

Durch den Kohlenverbrauch verlängert sich der Lichtbogen, der Hauptstrom wird geschwächt und das bewegliche System senkt sich; findet die Platte p_1 dabei Widerstand an der Unterlage, so gleitet der Kohlenhalter, der aber durch den verstärkten Strom auch sofort wieder gehoben wird; so auch bei zufälligem Verlöschen des Lichts, wobei die Kohlenspitzen momentan in Berührung treten.

Das Gleiten der Kohlenhalter h wird zur Abwendung von Stössen in ähnlicher Weise gehemmt, wie die Bewegung des Hebels h_1 resp. des Rahmens r_1. Zu diesem Ende ist der innere Raum der obern Kohlenhalter h getheilt und der obere Theil mit Glycerinfüllung versehen, in welche, aus der Aufhängeschiene, ein Kolben hineinragt, der mit Ventil versehen ist, in solcher Anordnung, dass das Anheben des Kohlenhalters schneller erfolgen kann als das Senken desselben.

Ist nun die rechtsliegende Kohle so weit verbrannt, dass sich der am Halter befindliche Knopf auf das ihn umgebende, vom Rahmen r_1 mit getragene Rohr r_2 lehnt, so kann die Kohle nicht mehr sinken; der Lichtbogen verlängert sich aber, und der unter dem geschwächten Strom weiter bewegte Rahmen r_1 giebt den zweiten Kohlenhalter zur Bewegung frei; die Kohlen treten in Berührung und der Lichtbogen überträgt sich auf das zweite Kohlenpaar, dessen Regulirung in gleicher Weise erfolgt. Sobald auch dieses soweit verbraucht ist, dass die obere Kohle nicht mehr nachsinken kann und der Lichtbogen die während der Regulirung vorkommende grösste Länge überschritten hat, wird die Lampe kurz geschlossen, um die anderen, innerhalb des Kreises brennenden Lampen in der Verbindung resp. deren Betrieb ungestört zu erhalten. Diese Function fällt dem Elektromagneten E zu, dessen Wicklung sich von der Anordnung der Spiralen $S.S_1$ nur darin unterscheidet, dass der circulirende Strom, aus dem starken und aus dem schwachen Draht, in gleichem Sinne auf den feststehenden Eisenkern wirkt.

Die dünnen Windungen liegen innerhalb der Zweigleitung des Betriebsstromes, während die innern, starken Drähte, durch Vermittlung des Ankers a, in den Hauptstrom eingeschaltet werden können. Erstere werden also dauernd vom Zweigstrom durchflossen, der Anker a kommt dadurch aber erst dann zum Anzug, wenn dieser Strom die bei Regulirung der Lichtbogenlänge vor-

kommenden Stärken, wegen aussergewöhnlicher Vergrösserung des Lichtbogens, überschreitet. Dieser Fall tritt sicher ein, wenn das zweite Kohlenpaar soweit verbrannt ist, dass die obere Kohle nicht mehr nachsinken kann; der Anker *a* schliesst dann den Hauptstrom durch die starken Elektromagnetwindungen, denen eine besondere, dem Widerstande des verlöschenden Lichts entsprechende Widerstandsrolle zugefügt ist. Dadurch wird zwar der Zweigstrom geschwächt; der Anker nunmehr aber durch den im Elektromagneten circulirenden Hauptstrom im Anzuge erhalten. Sollte diese Vorrichtung, durch zufällige Vergrösserung des Lichtbogenwiderstandes, während des Betriebes der betreffenden Lampe in Function treten, so würde den Spiralen $S.S_1$ der Hauptstrom entzogen, die Kohlenhalter *h* würden sich bis zur Berührung der Kohlenspitzen senken, womit der Hauptstrom wieder in der zur Lichtbildung erforderlichen Stärke durch diese Spiralen fliesst, während derselbe im Elektromagneten *E* in dem Maasse geschwächt wird, dass der Anker *a* abfällt, was wieder den normalen Zustand für den Betrieb giebt.

Die normale Lichtbogenlänge beträgt etwa 2 mm, der normale Strom hat eine Stärke von 10 Webers (Ampère), wobei schwach verkupferte, 0,3 m lange, 12 mm starke Kohlenstäbe (S. 68) zur Verwendung kommen, von denen während 8stündiger Brennzeit etwa 0,240 mm der positiven und 102 mm der negativen Kohle verbraucht werden.

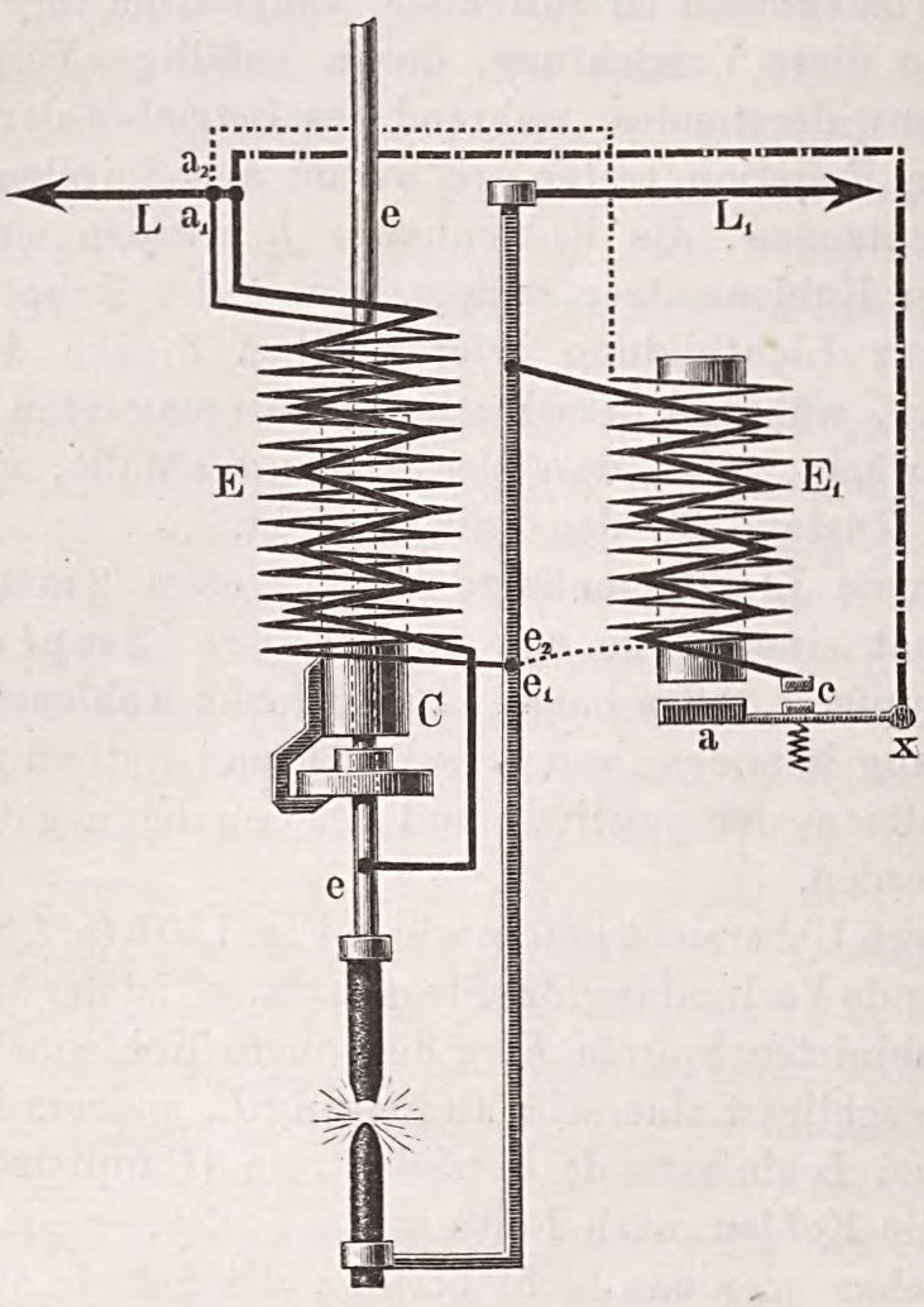
Zur bessern Uebersicht liefern wir in Fig. 135b (a. f. S.) eine zusammenhängende Verbindung des Stromlaufs. *C* ist der hohle Eisenkern der combinirten Spirale *E*, *e* der obere Kohlenhalter [1]); die starke Spirale schliesst einerseits an Leitung *L*, andrerseits an *e* an, so dass der bei *L* eintretende Betriebsstrom (Hauptstrom) seinen Weg durch die Kohlen nach Leitung L_1 findet, wenn erstere in Berührung stehen oder das Licht brennt; die Spirale aus dünnem Draht schliesst bei a_1 (Anfang) an Leitung *L* und bei e_1 (Ende) an L_1 an, der in derselben circulirende Zweigstrom wird somit durch das verlöschende Licht nicht unterbrochen; derselbe hat das Bestreben, die magnetische Wirkung der starken Spirale zu

---

[1]) Wir haben zur Vereinfachung der Uebersicht nur eine der beiden Spiralen (Fig. 135a) und die einfachere Klemmvorrichtung der Fig. 26a gewählt.

schwächen. Bei normaler Lichtbogenlänge überwiegt letztere, und dies ist die Lage des Gleichgewichts, bei welchem etwa 1 Proc. des Hauptstroms ableitet, also nur ein sehr geringer Betrag für die Lichtwirkung verloren geht. Vergrössert sich der Lichtbogen, so verstärkt sich der Strom in der feinen Spirale und die obere Kohle senkt sich bis zur Wiederherstellung des Gleichgewichts. Wird der Hauptstrom durch Verlöschen des Lichts unterbrochen,

Fig. 135b.



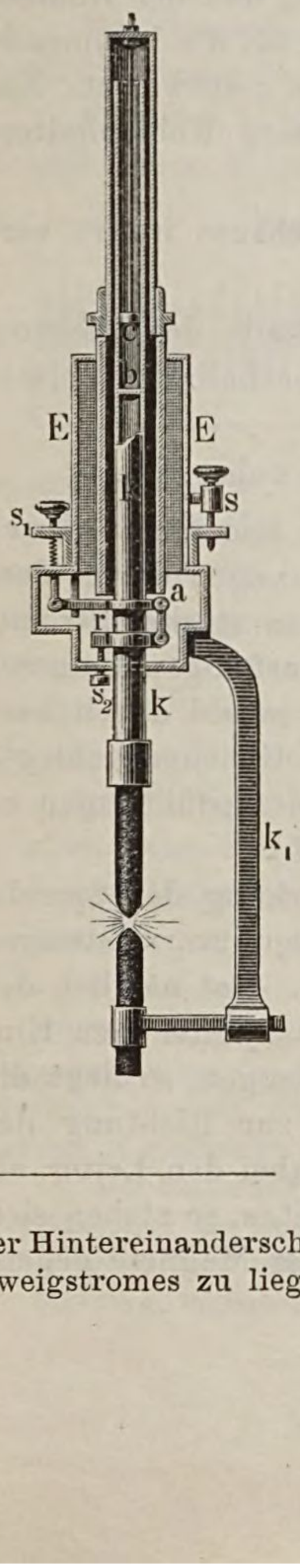
so tritt der Elektromagnet E_1 in Thätigkeit, dessen doppelte Spiralen wie aus der Zeichnung ersichtlich verbunden sind, wonach aus L, bei a_2 (Anfang), ein Zweigstrom in Richtung der punktirten Linie dauernd durch die feine Spirale fliesst, welche bei e_2 (Ende) an L_1 anschliesst [1]), während die starke Spirale an

[1]) In neuern Constructionen scheinen die dünnen Windungen in E directen Anschluss an die feine Spirale E_1 zu erhalten, letztere also in

einem Ende mit L_1 dauernd in Verbindung steht, am andern dagegen, bei c, isolirt ist. Der um x drehbare Anker a wird durch den verstärkten Strom der feinen Spirale angezogen, schliesst den Hebelcontact c, und dem bei L eintretenden Hauptstrom ist in der gebrochenen Linie, über x, durch die starke Spirale des Elektromagneten E_1 ein kurzer Weg nach L_1 geöffnet.

Wie der Erfolg gezeigt, entspricht die Construction Brush allen Anforderungen (S. 101) für die ausgedehnte Lichttheilung am besten, deren specielle Betrachtung deshalb besonders instructiv ist. Wir dürfen indess dabei nicht vergessen, dass die günstigen Resultate voraussichtlich auch nur mit der Maschine von Brush (§. 24) zu erzielen sind, welche nicht nur starke, sondern auch möglichst gleichmässig starke Ströme liefert; die Leistungen von Lampe und Maschine lassen sich nicht trennen und kommen stets als vereinte Wirkung durch die im Lichtbogen geleistete Arbeit des Stromes zum Ausdruck (Anmerkung zu S. 58).

Fig. 136.



Bohm hat eine der Construction Brush ähnliche Lampe (Fig. 136) patentiren lassen, welche durch einfachen Mechanismus interessirt. EE ist ein an der Schraube s verstellbarer gerader Elektromagnet mit röhrenförmigem Kern. Sein Anker a, ringförmig gebildet, wird durch die Spannvorrichtung s_1 gehalten und ist mittelst Gelenks an eine ringförmige Platte r angeschlossen, welche für die wagerechte Lage durch eine Stellschraube s_2 unterstützt wird. Durch den innern Raum des Elektromagnetkerns und die runden Oeffnungen des Ankers a, sowie der Platte r führt der aus einem Messingrohr gebildete obere Kohlenhalter k, dessen Höhlung, durch einen Boden b getrennt, im obern Theil mit Glycerin-

---

der Hintereinanderschaltung innerhalb des einfachen, von a_1 ausgehenden Zweigstromes zu liegen.

füllung versehen wird, in welche ein am Gehäuserohr oben befestigter Kolben *c* hineinragt.

Bei nicht angezogenem Anker *a* liegt die Platte *r* wagerecht, und in dieser Lage kann sich der obere Kohlenhalter ungehindert senken; im andern Falle wird die Platte durch den bewegten Anker seitlich gehoben, dadurch am Kohlenhalter festgeklemmt und genöthigt, dem weitern Anzuge des Ankers mit dem verkuppelten Kohlenhalter zu folgen, womit sich der Lichtbogen bildet. Vergrössert sich derselbe durch den Kohlenverbrauch, so fällt der Anker ab, die Platte *r* nimmt, in der Unterstützung durch die Schraube s_2, die horizontale Lage wieder an, und der Kohlenhalter *k* kann sich in dem Maasse weitersenken, als die hemmende Glycerinfüllung neben dem feststehenden Kolben *c* entweicht. Ein ähnlicher Widerstand tritt dem Heben des obern Kohlenhalters beim Ankeranzuge entgegen.

Der untere Kohlenhalter k_1 ist mit dem Gehäuse isolirt verbunden und an der Bewegung nicht betheiligt.

Bei Anwendung von Drahtspiralen, in Stelle des Elektromagneten *E*, wird der Anker *a* durch einen innerhalb der Spirale sich bewegenden Eisenstab ersetzt.

Die Art der Einschaltung lässt das Patent unberührt.

In den Lampen Tschikoleff (§. 49) und Schuckert (§. 50) begegnen wir eigenthümlichen Erscheinungen darin, dass die magnetischen Wirkungen zweier verschieden starker Ströme, aus Haupt- und Nebenleitung, auf einen rotationsfähigen Inductor in entgegengesetzter Richtung drehend wirken, sobald durch Veränderung des Widerstandes im Lichtbogen das Gleichgewicht gestört wird. Die Erklärung dafür ist in unsern Ausführungen zu den Figuren 80 bis 83 gegeben (§. 30, S. 194 ff.).

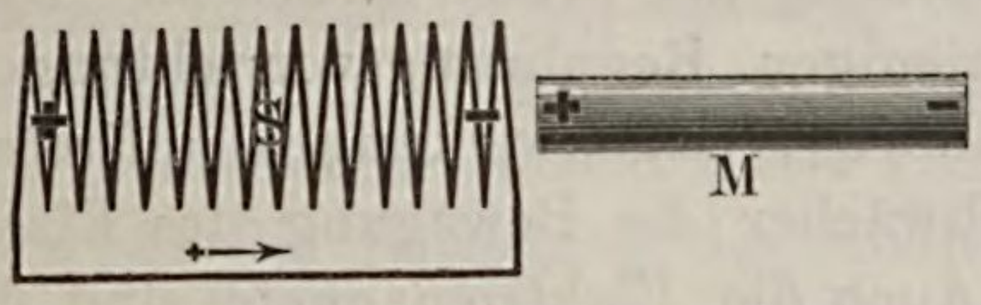
Darin lässt sich auch die anziehende Wirkung der Spirale, wie in der Lampe Brush und ähnlichen Regulirvorrichtungen zur Anwendung gekommen, specieller verfolgen. Hat nämlich der vom Strom durchflossene Leiter *L* der Fig. 80a, unter dem Einfluss des Magneten *M*, die Drehung um 90^0 vollzogen, so liegt die Ebene des Leiters *L* senkrecht und central zur Richtung der magnetischen Axe von *M*, und wenn wir uns dabei den Leiter als Magnet denken, mit den Polen an den offenen Seiten, so stehen sich in dieser Lage die entgegengesetzten Pole beider Magnete gegen-

über, was wiederum eine Bewegung zur Folge hat, wenn einer der beiden Magnete in der Axenrichtung beweglich ist. Wäre dies der als Magnet gedachte Leiter, so würde er dabei soweit über den Magneten *M* treten können, bis seine Ebene mit dessen Längenmitte zusammenfällt. In dieser Lage findet Gleichgewicht statt, die Bewegung hört auf. Wenn der Leiter *L* als Kreis gebildet, so ist die Wirkung des Magneten *M* auf alle Theile des Kreisstromes gleich, sofern seine Ebene senkrecht und central zur magnetischen Axe steht, und werden mehrere solcher Kreisströme in Form der Spirale *S* (Fig. 137) aneinander gereiht, so verstärkt sich die Wirkung.

Bei feststehender Spirale und beweglichem Magnet verlegt sich die Bewegung auf diesen und zwar in gleichem Verlauf.

Circulirt in Spirale *S* ein Strom, so nimmt dieselbe die Eigenschaft eines Magneten an und beide Körper wirken abstossend oder anziehend aufeinander, je nachdem der Strom die Spirale in der einen oder andern Richtung durchfliesst resp. je nach der Lage der Pole des Magneten *M* [1]). Bei der eingezeichneten Polarität wird der bewegliche Magnet *M* in den innern Raum der Spirale hineingezogen. Es findet Gleichgewicht statt, wenn die Längenmitten beider Körper zusammenfallen, womit die Bewegung aufhört. Wird in jeder andern Lage die Richtung des Stromes in der Spirale gewechselt, so muss der Magnet wieder zurücktreten, weil dann die gegenübergestellten Pole abstossend aufeinander wirken.

Fig. 137.



Ist die Spirale aus mehreren Windungslagen gebildet, so wirken zwar die innern Windungen, wegen grösserer Nähe, stärker auf den Magneten ein; indess wird dieser Unterschied aus der Seitenwirkung [2]) der höher liegenden Windungen ausgeglichen.

---

[1]) Die Wirkungen des Stromes auf beide Pole des Magneten *M* sind entgegengesetzt und subtrahiren sich von einander. Die anziehende Wirkung daraus wird immer schwächer, je tiefer der Magnet in die Spirale *S* eindringt (S. 317).

[2]) Die Seitenwirkung lässt sich mit der Wirkung eines leuchtenden Punktes auf die Bodenfläche vergleichen. Wenn der leuchtende Punkt dem Boden sehr nahe steht, so wird derselbe von den günstig gerich-

Denken wir uns nun in Stelle des Magnets *M* einen Stab aus weichem Eisen, so wird derselbe durch den Strom der Spirale magnetisirt; die Wirkung ist dann dieselbe, als ob der Eisenstab permanenter Magnet wäre, nur mit dem Unterschiede, dass es für das Zurücktreten des Eisenstabes aus dem innern Raum der Spirale einer besondern Kraft bedarf, weil mit der Unterbrechung des Stromes jede magnetische Wirkung aufhört und die Umkehrung der Stromesrichtung auch die Polarität des Eisenstabes gleichmässig wechselt.

Es ist eine bekannte Erscheinung, dass in der stromlosen, geschlossenen Spirale der Fig. 137 ein Inductionsstrom entsteht, sobald man den permanenten Magneten *M* kräftig in den innern Raum derselben hineinstösst, und ebenso beim schnellen Herausziehen. Diese Inductionsströme treten selbstverständlich auch dann auf, wenn die Spirale gleichzeitig durch andere Ströme elektrisch erregt wird, äussern sich dann aber, bei der Pollage unseres Bildes in der Schwächung der primären Ströme. Daraus ergiebt sich, dass in denjenigen Regulirungsvorrichtungen, welche die Spiralenanziehung führen, Gegenwirkungen auftreten, die um so geringer sind, je schwächer die Bewegung des Eisenstabes in der Spirale erfolgt. Auch die Elektromagnete sind davon nicht frei. Bei diesen ist es vorzugsweise der bewegte Anker, welcher verändernd auf den Magnetismus der Kerne wirkt, woraus, wie wir wissen (S. 186 ff.), Inductionsströme in den Elektromagnetwindungen entstehen, welche dem magnetisirenden Strom entgegenwirken. Im Uebrigen treten in allen zur Spirale gewundenen Drähten, beim Wechsel oder bei Unterbrechung des primären Stromes, störende Extraströme auf (S. 191), welche namentlich im Betriebe der Lampen mit Wechselströmen recht nachtheiligen Einfluss ausüben können.

Den bei den Lichtmaschinen näher betrachteten Rückwirkungen aus secundären Vorgängen (§. 30) begegnen wir somit auch in den Lampen, wenn auch im Allgemeinen in weit geringerem Maasse, weil die Regulirungsvorrichtungen bei den herrschenden starken Strömen, verhältnissmässig wenig Windungen zur Bewegung erfordern.

---

teten Strahlen nur in sehr kleiner Fläche getroffen, wogegen der höher liegende leuchtende Punkt günstiger in grösserm Umfange zur Seite auf die Bodenfläche wirkt.

In fast allen Lampenconstructionen mit Spiralenanziehung steht die Spirale fest und der Eisenstab bewegt sich innerhalb derselben in senkrechter Lage. Derselbe ist dabei durch Feder oder Gewicht gegen die Richtung seiner Schwerkraft unterstützt, würde aber bei genügend starker magnetisirender Kraft der Spirale auch frei in derselben schweben können, wobei er sich gegen deren Seitenwand lehnt.

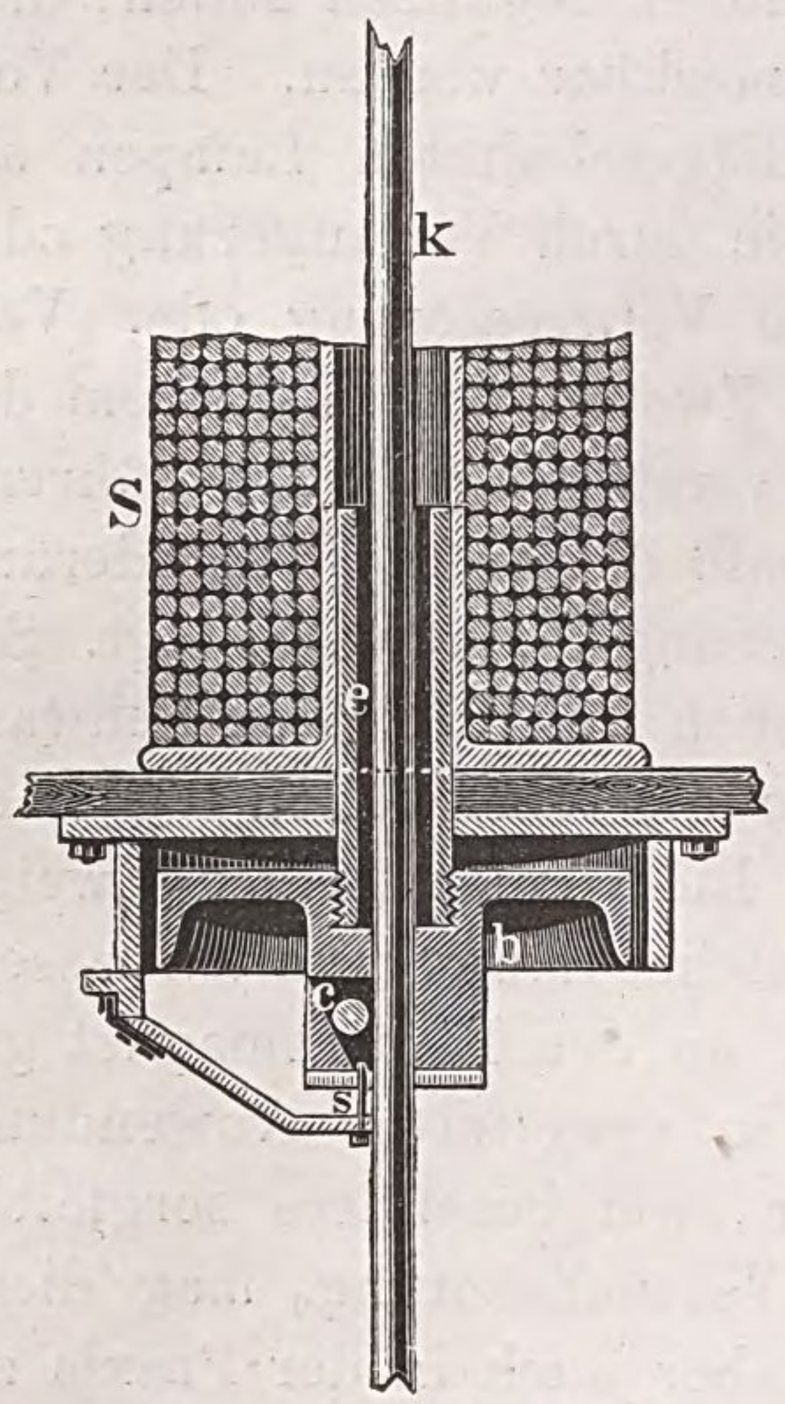
Die Construction Gülcher (§. 67) scheint man für ganz besonders geeignet zur Unterhaltung mehrerer Flammen im Stromkreise zu halten und zwar für die Parallelschaltung (Fig. 33a), wobei sich die Lampen gegenseitig so vollkommen reguliren sollen, dass keinerlei Schwankungen des Lichts bemerkbar werden. Der Vorgang dabei lässt sich an zwei parallelgeschalteten Lampen am besten übersehen. Es ist klar, dass die durch Verlängerung oder Verkürzung des Lichtbogens bedingte Vergrösserung oder Verminderung des Widerstandes in einem Zweige, den Theilstrom des andern Zweiges resp. schwächt oder verstärkt (S. 91), während der Theilstrom in dem Zweige, innerhalb dessen die Veränderung des Lichtbogens eintritt, dieser Veränderung direct unterliegt. Sofern nun die Bewegung der Kohlen auch den kleinsten Schwankungen der Stromstärken folgt, wie für die Construction Gülcher angenommen wird, würden sich die Lichtbogen beider Zweige durch den gegenseitigen Einfluss in gleicher Länge erhalten lassen. Es werden indess hier Anforderungen an den Elektromagnet gestellt, denen sich erfahrungsmässig in erweiterter Anwendung kaum dürfte entsprechen lassen. Für zwei besonders sorgfältig abgestimmte Lampen, in bestimmter Versuchsleitung, mag diese exacte Leistung zutreffen; ob dieselbe aber auch in der Praxis zu erreichen, namentlich bei Einschaltung einer grössern Zahl von Lampen und für eine als beste Wirkung ermittelte, bestimmte Lichtbogenlänge, dürfte zu bezweifeln, jedenfalls erst durch weitere Erfahrungen festzustellen sein.

Ganz abweichend von den bisher betrachteten Methoden sucht Brockie die Theilung des Lichts zu ermöglichen (s. Anmerkung 1, S. 317). Dass damit Schwankungen in den Lichtstärken verknüpft sind, liegt auf der Hand, indess lässt sich wohl denken, dass durch diese Schwankungen, bei genügend schneller Folge der die Senkungen und Hebungen bewirkenden Stromimpulse, die Beleuchtung nicht gestört wird; immerhin wird die praktische

Brauchbarkeit auch in diesem Falle erst durch die Erfahrung bestätigt werden müssen. Besonders beachtenswerth ist dies System darin, dass die Regulirung ganz unabhängig ist von der Stärke des Stromes, welcher das Licht bildet.

F. M. Newton führt in seiner Lampe eine senkrecht gestellte Spirale *S*, innerhalb welcher sich durch die Wirkung des Stromes ein kurzes Eisenrohr *e* hebt und senkt; das untere Ende desselben ist ausserhalb der Spirale mit einer Buchse *b* (Fig. 138) durch Schraubengewinde verbunden, welche somit der Bewegung des Eisenrohrs folgt. Durch die Spirale, den hohlen Eisenkern und den innern Raum der Buchse *b* führt die obere Kohle *k*, welche über einfachem Rollensystem, an einer mit Gegengewicht versehenen Schnur, durch die Schwere des Kohlenhalters sinkt. Innerhalb der Buchse befindet sich eine nach dem innern Raum derselben geöffnete Kammer, auf deren stark geneigter Fläche ein kleiner Cylinder *c* frei abrollen kann, der in der Ruhelage, bei normaler Lichtbogenlänge, gegen den Kohlenstab drückt und denselben festklemmt. Sobald sich aber der Lichtbogen unter dem Kohlenverbrauch vergrössert, senkt sich das Eisenrohr und die mit demselben verbundene Buchse, während der gleichzeitig an der Kohle abrollende kleine Cylinder den Druck auf dieselbe unterhält, bis dieser Cylinder auf einen Stift *s* stösst, dadurch angehoben wird und die Kohle zur Bewegung freigiebt. Dieselbe senkt sich nun ebenfalls auf die untere, feststehende Kohle, wird aber darin durch die sich verändernde Stromstärke alsbald gehemmt, indem sich die Buchse unter der Wirkung des Stromes hebt und der kleine Cylinder wieder frei auf den Kohlenstab wirken kann.

Fig. 138.



Weitere Angaben darüber liefert die Patentbeschreibung (Engineering, Vol. XXXIII, Juni 2. 1882, pag. 567) nicht.

Interessant und neu ist jedenfalls die Art der Arretirung des Laufs der obern Kohle, weshalb wir auch dieser Construction einen Platz haben zuweisen dürfen.

Auch Edison hat sich in neuerer Zeit mit der Bogenlampe beschäftigt. Seine Construction erregt unsere Aufmerksamkeit aber eigentlich nur insofern, als er die Kohlenstäbchen, entweder beide oder nur das eine derselben, mit grosser Geschwindigkeit um ihre Verticalaxe rotiren lässt, zu dem Zwecke, den Lichtbogen dauernd constant zu erhalten und einen gleichen Verbrauch beider Kohlen zu erzielen. Er bedient sich dazu eines Elektromotors, ähnlich demjenigen, welchen wir in den Lampen von Tschikoleff (§. 49) und Schuckert (§. 50) kennen gelernt haben, und giebt demselben eine Drehungsgeschwindigkeit von 2000 bis 3000 Touren pro Minute, wenn ein Kohlenstab rotirt; dagegen nur 1000 bis 1500, wenn sich beide Kohlen drehen, welche dann einander entgegengesetzt rotiren.

Fig. 139.

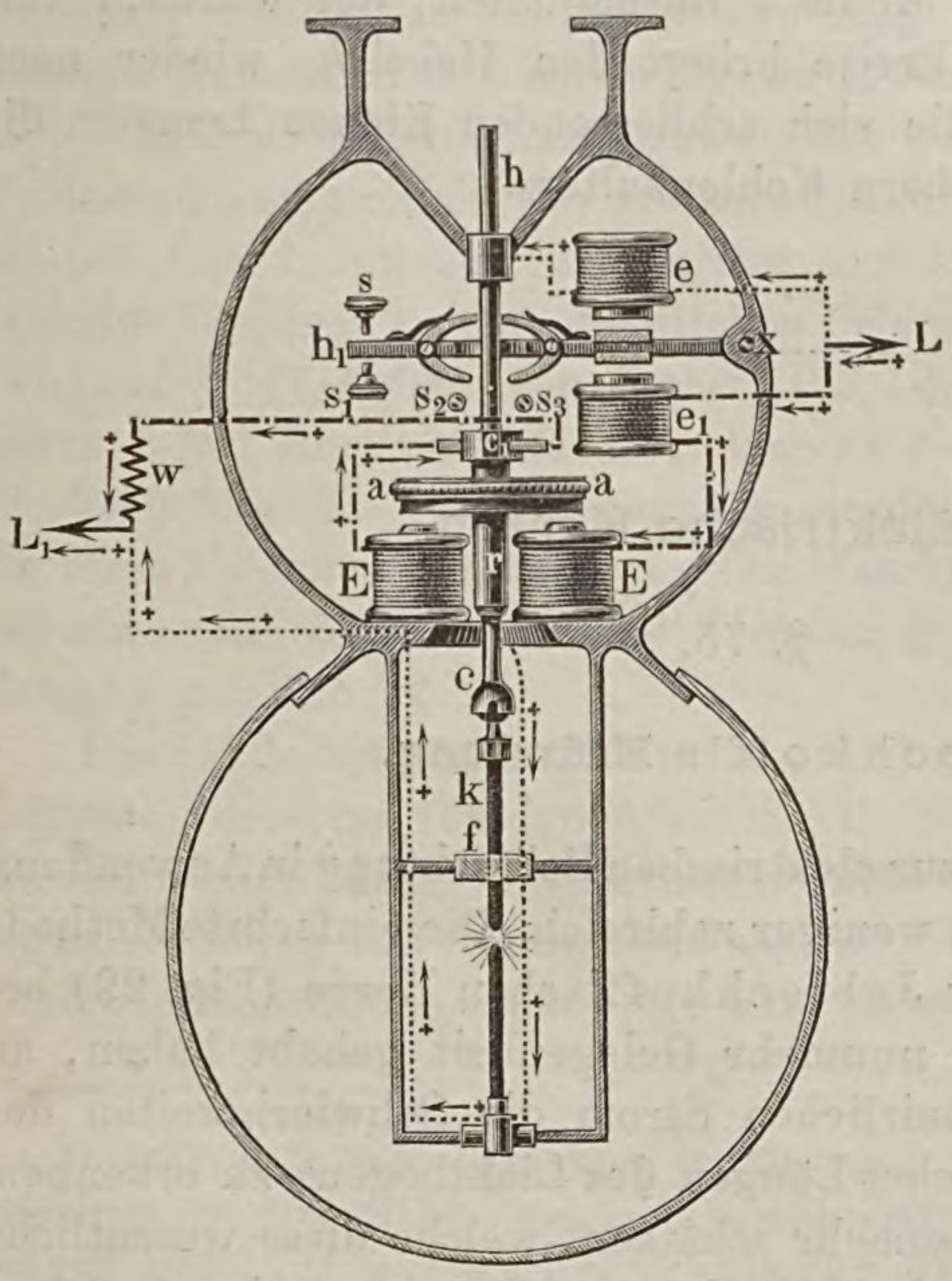


Fig. 139 zeigt die Anordnung in der Edison'schen Construction mit rotirender oberer, positiver Kohle *k*. Letztere ist im Kugelgelenk *c* mit dem obern Kohlenhalter *h* verbunden und erhält Führung nahe am Ende bei *f*. Der rotirende Anker *a* des Elektromotors *EE* sitzt auf einer Hülse *r*, mit welcher, ausser dem Commutator c_1, ein Metallbolzen, in geeigneter Weise, durch Feder oder Nuth, verbunden ist, durch dessen Vermittlung sich das Heben und Senken der rotirenden Kohle vollzieht.

Zwischen den Polen der Elektromagneten *e*

und e_1, von denen ersterer in den Lichtkreis, letzterer in den Kreis des Elektromotors EE eingeschaltet ist, liegt ein um x drehbarer Hebel h_1, welcher die Anker beider Elektromagnete trägt, dessen Bewegung durch die Anschlagschrauben s und s_1 begrenzt und der mit zwei in seinem Körper drehbaren Klauen versehen ist, welche den obern Kohlenhalter h festhalten und freigeben. Der Lichtkreis führt von L durch die Windungen des Elektromagneten e, über den obern Kohlenhalter h durch die Kohlen und den feststehenden untern Kohlenhalter nach L_1 (durch punktirte Linien markirt), der Kreis des Elektromotors von L durch die Windungen des Elektromagneten e_1, die des Elektromotors, in Vermittlung der schleifenden Federn des Commutators c_1, durch die Windungen des Ankers a, über den regulirbaren Widerstand w nach L_1 (durch gebrochene Linie markirt).

Wird der Lichtbogen zu gross, so überwiegt die Anziehung des Elektromagneten e_1, Hebel h_1 senkt sich, die Klauen desselben stossen gegen die Stifte s_2 s_3, öffnen sich und lassen den obern Kohlenhalter h mit der Kohle k durchgleiten; der dadurch verstärkte Strom im Lichtkreise bringt den Hebel h_1 wieder nach oben zum Anzug und die sich schliessenden Klauen hemmen die weitere Bewegung des obern Kohlenhalters.

---

b. Elektrische Kerzen.

§. 75.

Jablochkoff's Erfindung.

Die Constructionen zur elektrischen Beleuchtung in Anwendung von Wechselströmen sind weniger zahlreich. Die einfachste Methode haben wir bereits in der Jablochkoff'schen Kerze (Fig. 29) betrachtet. Nachdem wir nunmehr Gelegenheit gehabt haben, an den Lampen für continuirlichen Strom die Schwierigkeiten der Erzeugung unveränderlicher Längen des Lichtbogens zu erkennen, werden wir die Idee umsomehr schätzen, welche diese wesentliche Aufgabe mit den einfachsten Mitteln löst. Dass man einen solchen

namhaften Erfolg nur dann wieder aufzugeben geneigt ist, wenn die zwingendsten Gründe dazu nöthigen, lässt sich begreifen. Deshalb werden auch die Versuche mit diesen Kerzen fortgesetzt, und die desfallsigen Bemühungen sind meist darauf gerichtet, die mit dem vorzeitigen Verlöschen derselben verknüpften Unsicherheiten zu beseitigen (S. 76). Diesem Mangel ist zu begegnen entweder dadurch, dass das unbeabsichtigte Verlöschen vermieden, oder die Kerze mit einer Einrichtung versehen wird, welche das Selbstanzünden, wie bei den betrachteten sämmtlichen Lampenconstructionen, gestattet. Der erste Weg verdient entschieden den Vorzug, und das Gelingen auf demselben liegt insofern nicht ausser den Grenzen der Möglichkeit, als bei der Jablochkoff'schen Kerze die Lichtbogenlänge unveränderlich ist, die Aufmerksamkeit also vorzugsweise dem Betriebe der Lichtmaschine zuzuwenden sein würde, um das Licht dauernd zu erhalten [1]). Da das vorzeitige Verlöschen des Lichts aber auch durch Zerspringen der Kohlenstäbe eintreten kann, so dürfte die Verwendung geeigneten Materials demnächst besonders in's Auge zu fassen und, sofern mehrere Kerzen in demselben Kreise brennen, wie meist der Fall, namentlich bei mehrfacher Verzweigung der Verbindungen aus der Wechselstrommaschine, die grössere Sicherheit durch erhöhte Sorgfalt bei Anordnung der Stromkreise anzustreben sein. Ueber die Zahl der Versager in der öffentlichen Beleuchtung nach dem System Jablochkoff haben wir früher (S. 103) sichere Angaben erhalten. Mit Rücksicht darauf, dass es sich dabei um die ersten Versuche handelte, wird zugegeben werden müssen, dass schon in der fortwährenden Verbesserung der Maschinen und des Maschinenbetriebes eine Gewähr für die Abstellung des in Rede stehenden Mangels geboten ist.

Die auf Selbstzündung einfacher Jablochkoff'scher Kerzen gerichteten Versuche, von denen wir das Beimischen von Metalloxyden zur isolirenden Masse (Gypsschicht) nennen, welche sich im Lichtbogen reduciren und dann einen leitenden Zusammenhang unter den Kohlenspitzen bilden, haben bis jetzt zu befriedigenden Resultaten

---

[1]) Als Grund des vorzeitigen Verlöschens wird meist vorübergehende Abnahme der Stromstärke angegeben, während sich gerade diesen Schwankungen bei gleicher Lichtbogenlänge und bei Anwendung des Wechselstrombetriebes am leichtesten begegnen lässt.

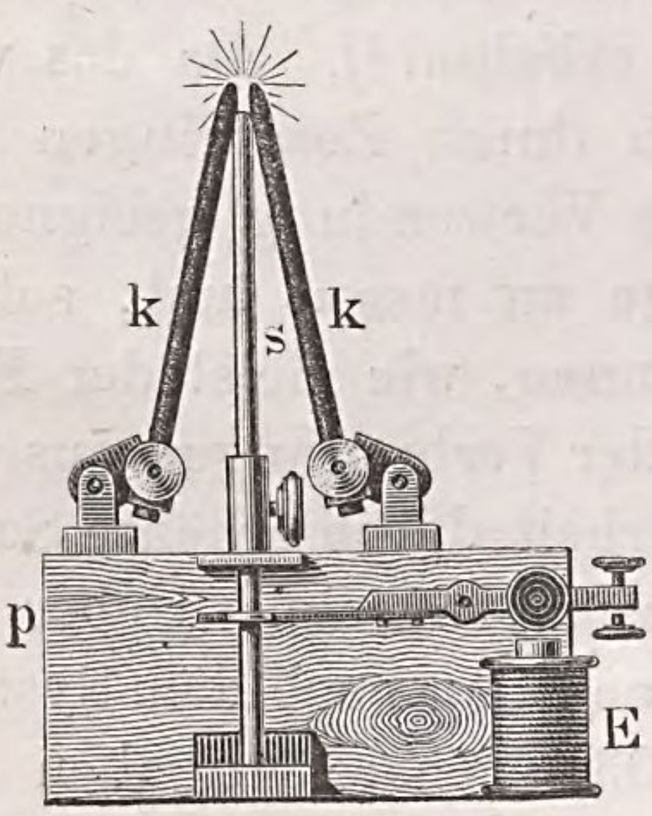
nicht geführt; ebensowenig ist es bislang gelungen, die Jablochkoff'sche Kerze durch ein einfaches System zu ersetzen, welches qu. Mangel völlig ausschliesst.

§. 76.

Elektrische Kerzen von Siemens & Halske.

Fig. 140 zeigt das System Siemens & Halske. Auf dem Gestell *p* aus isolirendem Material sind zwei Kohlenstäbe *kk* in Metallhülsen, an Charniren beweglich, befestigt. Beide Kohlen sind durch Eigengewicht und das Gewicht der Kohlenhalter gegeneinander geneigt, werden aber während des Brennens an der directen Berührung durch den aus isolirendem, schwer schmelzbarem aber verbrennbarem Material bestehenden Stab *s* gehindert, welcher in Folge Ankeranzuges des vom Betriebsstrom durchflossenen Elektromagneten *E* die Trennung der brennenden Spitzen bewirkt. Da dieser Stab mit den Kohlen gleichmässig verbrennt, so erhält sich der Lichtbogen, solange dieselben daran einen Stützpunkt finden. Mit dem zufälligen Erlöschen des Lichts wird der elektrische Strom unterbrochen, der Anker entfernt sich vom Elektromagneten und zieht den mit ihm verbundenen Trennungsstab *s* etwas zurück, wodurch die Kohlenspitzen in directe Berührung treten; damit ist aber der Stromkreis wieder geschlossen, und der Stab *s*, durch den angezogenen Anker gehoben, stellt die zur Bildung des Lichts erforderliche Entfernung unter den Kohlenspitzen wieder her.

Fig. 140.



In anderer Construction (Fig. 141) senkt sich die obere Kohle durch Eigengewicht zwischen drei Führungsscheiben, während die untere mit dem Anker *a* des Elektromagneten *E* fest verbunden ist. Beide Kohlen berühren sich in der Ruhelage. Bei Anwendung von Wechselströmen, welche durch die Windungen des Elektromagneten führen, befindet sich während des Betriebes der um *x*

drehbare Ankerhebel fortgesetzt in vibrirender Bewegung. Bei der Schnelligkeit derselben sollen die Momente nicht merkbar hervortreten, während welcher die Kohlenspitzen dabei in directer Berührung stehen, sondern nur die Wirkungen des Lichtbogens erkennbar sein.

Fig. 141.

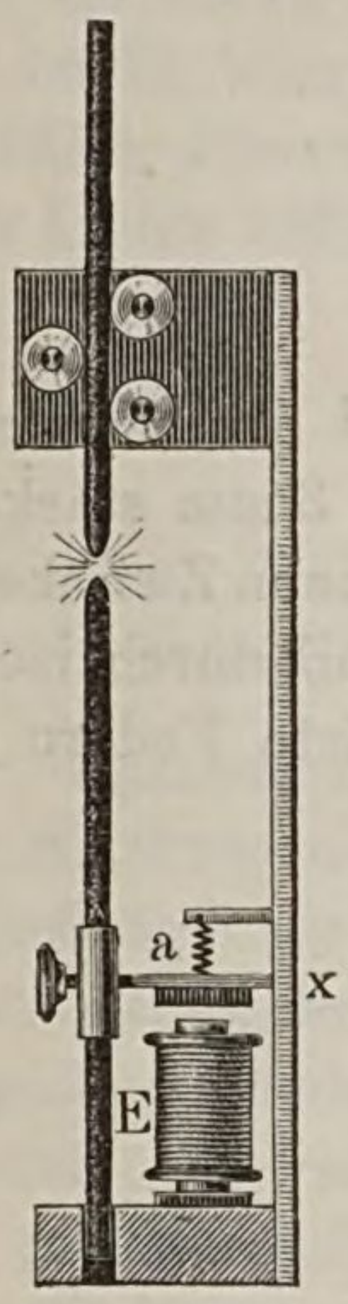
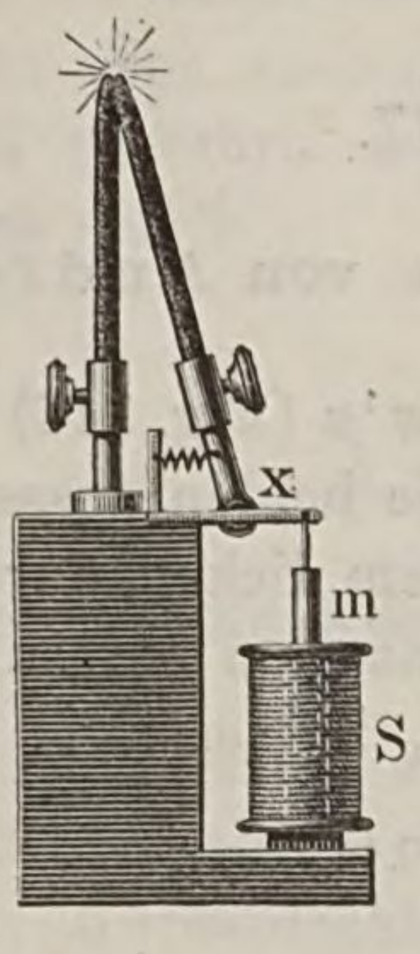


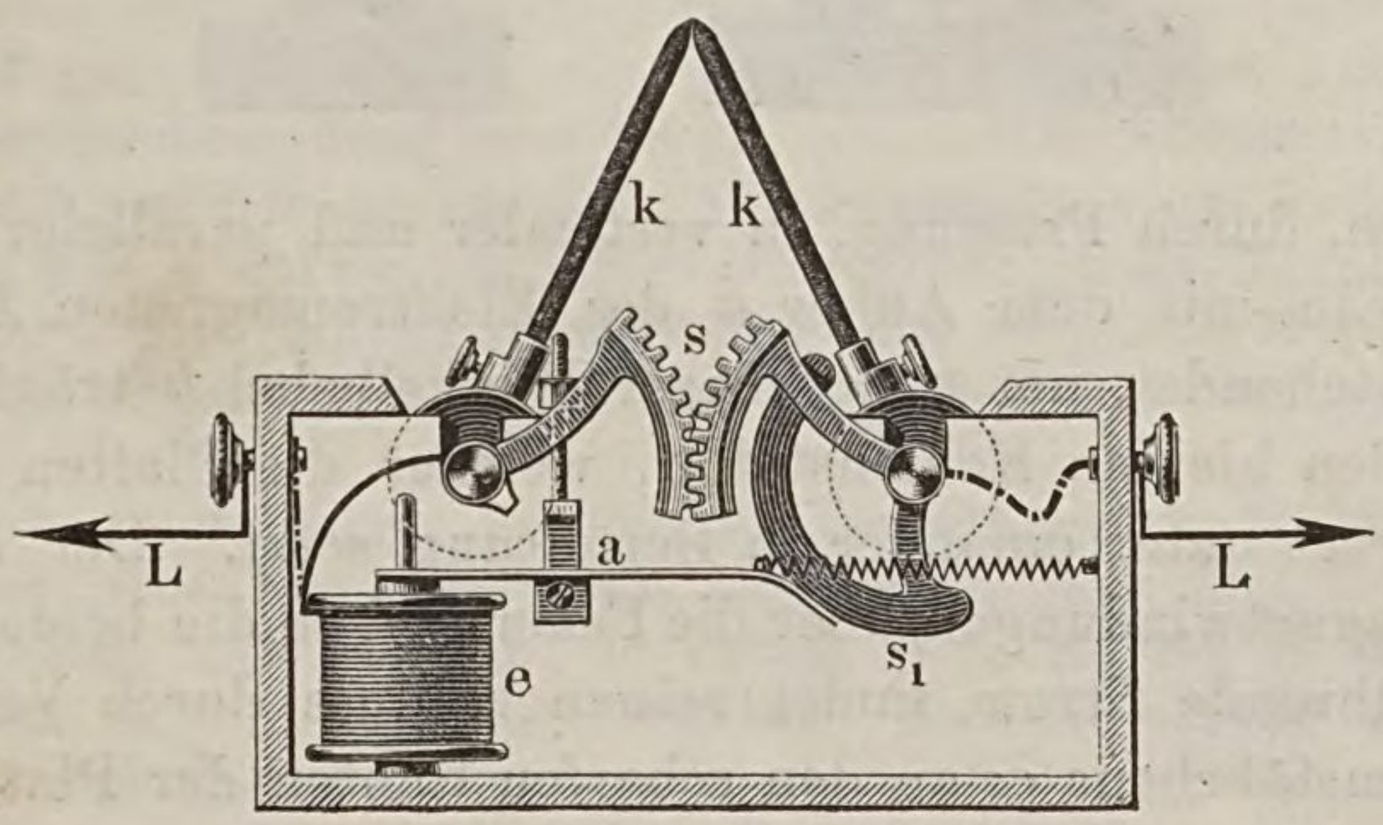
Fig. 142.



Eine dritte Form derselben Firma ist in Fig. 142 dargestellt. Eine Kohle steht in fester Lage senkrecht, die andere ist durch Eigengewicht resp. Belastung und Federwirkung bis zur Spitzenberührung dagegen geneigt. Letztere ist im Punkt *x* des metallenen Kohlenhalters drehbar, welcher an einem Ansatze den Magnetstab *m* trägt, der in den innern Raum einer Drahtspirale *S* hineinragt. Die durch beide Kohlen und die Spirale führenden Wechselströme bewirken, in schneller Folge, ein fortgesetztes Heben und Senken des Magnetstabes, damit eine dauernde vibrirende Bewegung des Kohlenhalters und der Kohle, wodurch sich, wie bei der Construction Fig. 141, der Lichtbogen bildet und unterhält.

Aehnliche Constructionen tauchen in neuester Zeit in Amerika wieder auf, und zwar in der Form Fig. 143. Beide Kohlen

Fig. 143.



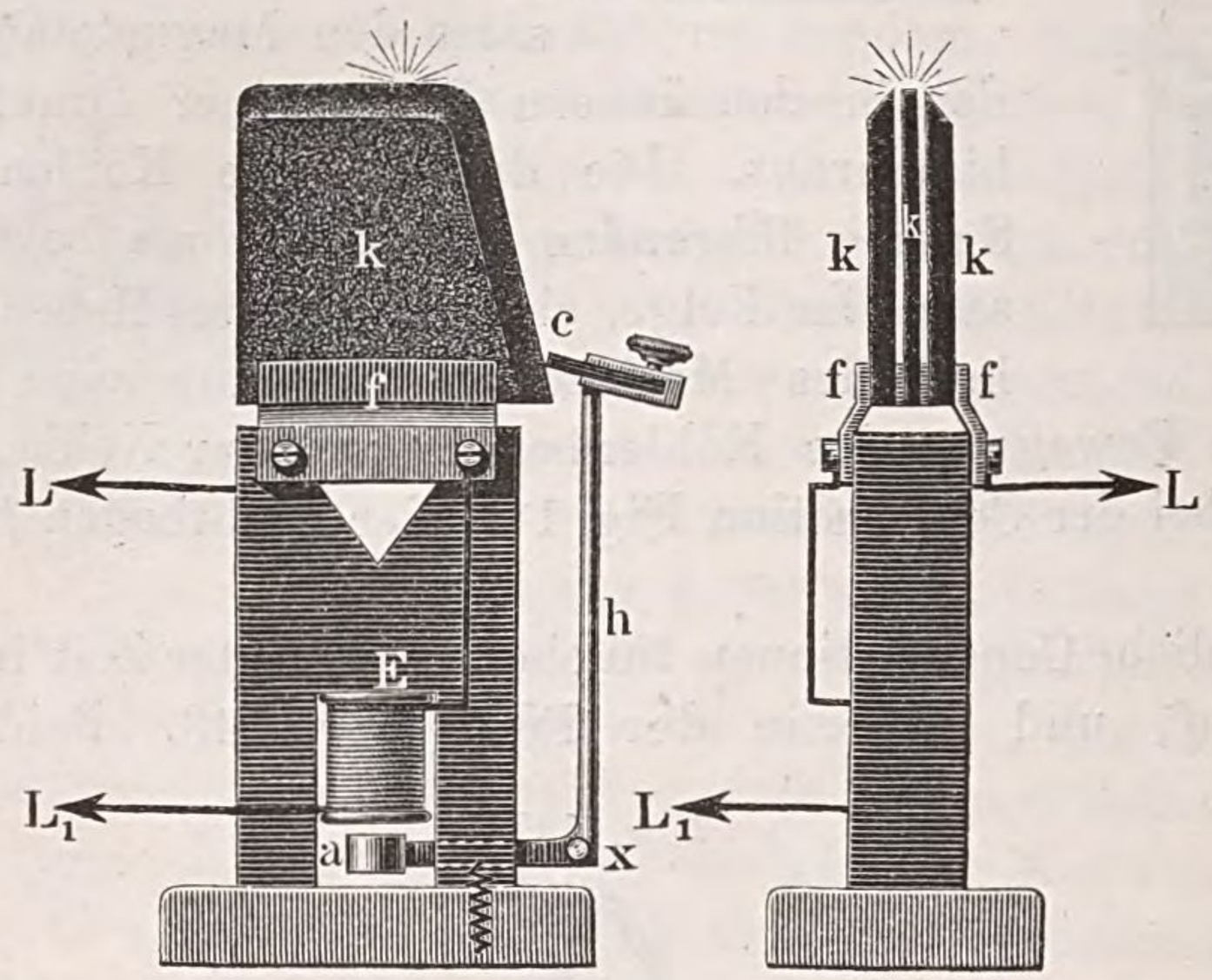
kk stehen mit den Zahnsectoren *s* in Verbindung und erhalten dadurch eine gleichmässigere Bewegung, welche in der Wirkung des Ankers *a* des Elektromagneten *e* auf einen Frictionssector s_1 erzeugt wird.

§. 77.

Elektrische Kerze von Andrew.

In der Construction Andrew's (Fig. 144) sind drei Kohlenplatten *kkk* parallel gestellt. Die beiden äussern, 3 mm starken Platten sind von der innern, 0,75 mm dicken, durch einen Zwischenraum von 1,5 mm getrennt und nur am untern Theil durch isolirende Schiefereinlagen verbunden, indem zwei isolirte Federn *ff*

Fig. 144.



die Platten, durch Pressung, in verticaler und paralleler Lage erhalten. Ein mit dem Anker *a* des Elektromagneten *E* in Verbindung stehender, um *x* drehbarer Winkelhebel *h* trägt in einer Klemme den kleinen Kohlenstab *c*, welcher die Platten im Ruhestande direct unter einander in Berührung setzt. Der durch die Elektromagnetwindungen, über die Federn *ff*, an die beiden äussern Platten führende Strom findet seinen Schluss durch Vermittlung des Kohlenstäbchens *c*; an den scharfen Kanten der Platten bildet

sich der Lichtbogen sobald der circulirende Strom den Elektromagnetanker anzieht und dadurch die Berührung mit *c* aufgehoben wird.

Dieser Lichtbogen soll nun langsam aufwärts steigen, zuletzt auf der obern scharfen Kante der Kohlen erscheinen und dieselben in der Richtung von oben nach unten verbrauchen, wobei sich die mittlere Platte mit verzehrt, welche das gleichmässige Brennen des Lichts befördern soll [1]).

§. 78.

Elektrische Kerze von Jamin.

Besonders interessant ist die Jamin'sche Construction (Fig. 145, a. f. S.). Innerhalb des durch die mit leichtem Gehäuse *k* bedeckten Windungen *w* aus Kupferdraht gebildeten Raumes sind sechs Kohlenstäbchen $k_1 k_2$, 5 mm stark, so angeordnet, dass die Stäbchen k_1 in senkrechter Lage mit dem auf der Platte *p* befindlichen Rahmen in fester Verbindung stehen, während die Stäbchen k_2 sich an gemeinschaftlichem Hebel, unter der Bewegung eines Ankers *a* des Elektromagneten *e* drehen, in der Ruhelage aber die Spitzen von k_1 berühren.

Der durch die Drahtwindungen fliessende Strom führt durch das zum Gebrauch eingeschaltete Kohlenpaar in Richtung der Pfeile. Hiernach laufen zwei entgegengesetzt gerichtete Ströme nahe parallel. Dieselben üben eine abstossende Wirkung auf ein-

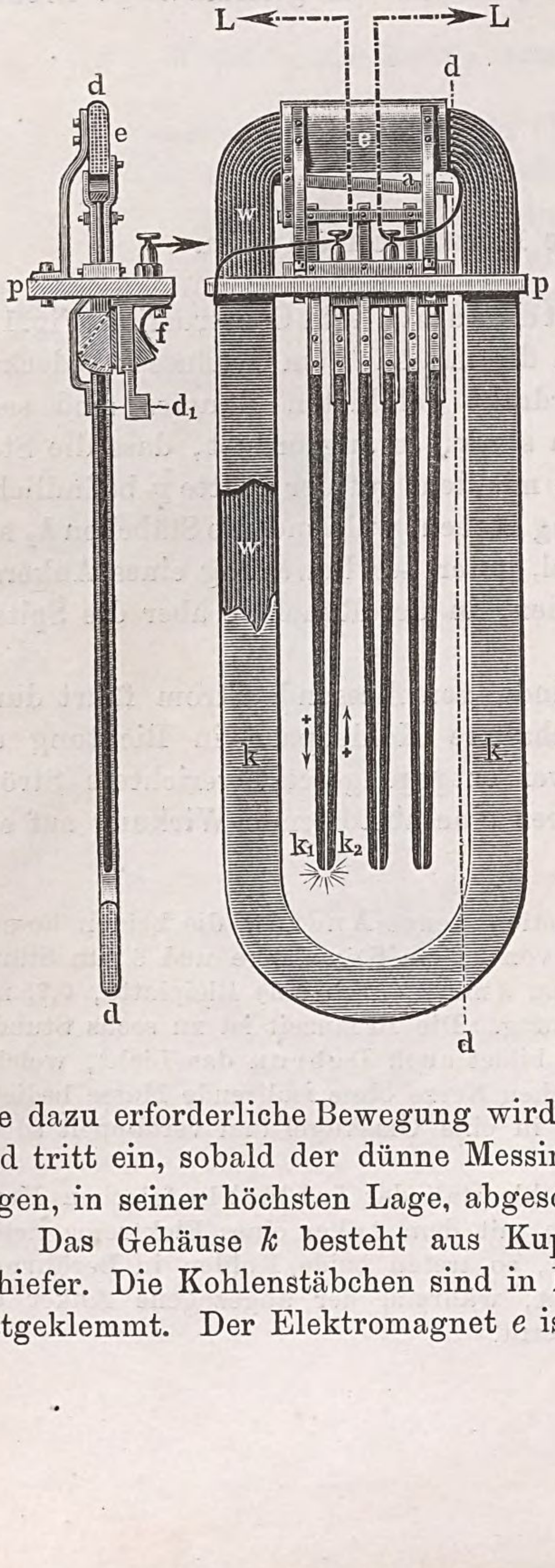
---

[1]) In einer neuern Construction trennt Andrew die beiden äussern Platten, aus gutem Gaskoaks von 3,6 cm Seitenlänge und 3 mm Stärke, in der Auseinanderstellung von 3 mm, durch eine Bleiplatte, 0,75 mm dick, in sonst gleicher Anordnung. Die Brennzeit ist zu sechs Stunden angegeben. Wie Andrew, so bildet auch Debrun das Licht, welcher sich aber der Jablochkoff'schen Kerze ohne isolirende Masse bedient; er stellt zwei solcher Kerzen in eine Glaskugel und verdoppelt so die Brennzeit.

Wilde stellt den einen Kohlenstab der Jablochkoff'schen Kerze fest und verbindet den andern mit dem Anker eines Elektromagneten. Wird der Strom unterbrochen, so treten beide Kohlen in Berührung, wodurch sich das Licht bildet, während der angezogene Anker die Kohlenstäbe von einander entfernt.

ander, welche durch den in den Drahtwindungen circulirenden Strom unterstützt wird. Unter dieser Wirkung und durch den Anzug des Ankers a entfernt sich das Stäbchen k_2 von k_1, wodurch sich der Lichtbogen bildet. Derselbe ist aber auch ein beweglicher Stromesleiter und steht unter dem Einfluss des Stromes der Windungen, derart, dass er nach Maassgabe der Richtung desselben an den Kohlenspitzen festgehalten werden kann, wenn auch in mehr oder weniger starker Durchbiegung, so dass das Verbrennen der Kohlen ungestört von unten nach oben erfolgt (§. 9, S. 70).

Fig. 145.



Wird der Strom durch irgend welchen Umstand unterbrochen, so treten die Kohlenstäbchen, in Folge des abfallenden Ankers a, wieder in Contact und der eintretende Strom zündet in gleichem Vorgange die verloschene Kerze in selbstthätiger Wirkung.

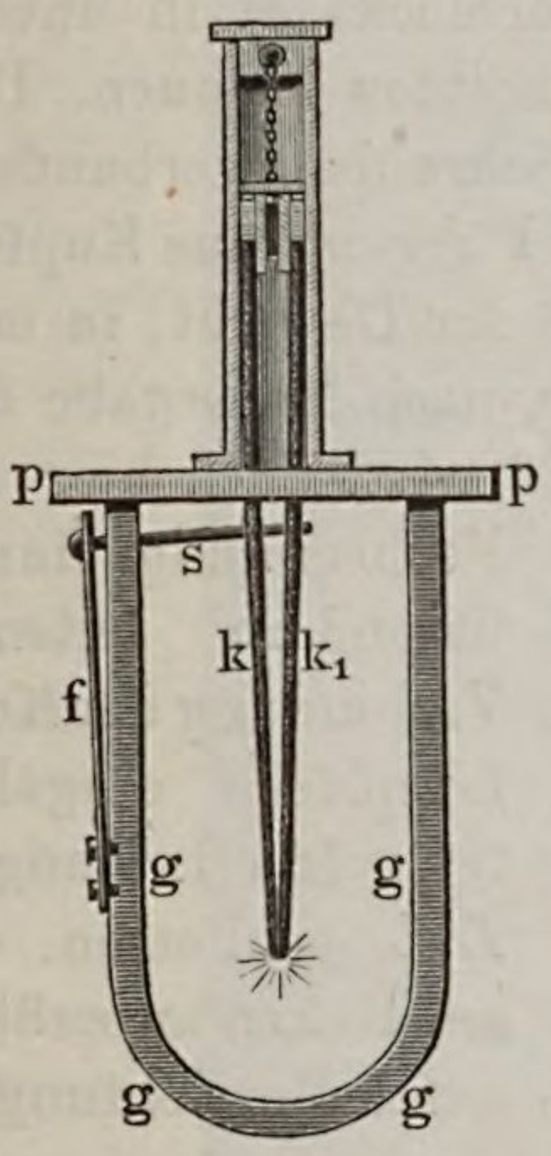
Durch einfache automatische Schaltung gelangt nach Verbrauch des einen Kohlenpaares das zweite und demnächst das dritte in den Stromkreis. Die dazu erforderliche Bewegung wird durch eine Feder f bewirkt, und tritt ein, sobald der dünne Messingdraht d_1 durch den Lichtbogen, in seiner höchsten Lage, abgeschmolzen wird.

Das Gehäuse k besteht aus Kupferblech, die Platte p aus Schiefer. Die Kohlenstäbchen sind in Kupferhaltern durch Federn festgeklemmt. Der Elektromagnet e ist durch einfache Eisenhülle

der Drahtwindungen gebildet. Die ganze Einrichtung hängt an der Schieferplatte p in einer Glaskugel oder Laterne. Jedes Kohlenpaar brennt zwei Stunden, die Dauer der Beleuchtung durch alle drei Kerzen beträgt also sechs Stunden [1]).

Eine ähnliche aber einfachere Anordnung (Fig. 145 a) ist Jamin aus neuester Zeit im Deutschen Reiche patentirt [2]). Innerhalb des eisernen Gehäuses g und durch entsprechenden Einschnitt der Platte p führen die Drahtwindungen. Den durch den Strom polarisirten Kanten dieses Gehäuses gegenüber befindet sich eine federnde Ankerplatte f, welche mit einem Stift s verbunden ist, der in hakenförmiger Abbiegung die bewegliche Kohle k_1 umfasst und dieselbe, beim Anzug der federnden Platte, von der feststehenden Kohle k soweit entfernt, dass sich an den nach unten gerichteten Kohlenspitzen der Lichtbogen bilden kann. Nach Maassgabe des Verbrauchs werden beide Kohlen, in unveränderter Lage zu einander, durch ein einfaches Räderwerk gesenkt, wobei die Kohle k_1 durch den Haken des Stifts s frei durchgleitet. Sobald das Licht aus irgend einer Veranlassung erlischt, wird der Strom selbstverständlich unterbrochen, die federnde Platte f tritt zurück und beide Kohlen kommen in Berührung, womit der Stromkreis wieder geschlossen ist, das Licht also in gleichem Vorgange von neuem gebildet wird.

Fig. 145a.



---

[1]) Der die Kerzen umkreisende Strom soll die Flammen erweitern und dieselben zur Fledermausform der Gasflammen ausbilden, wobei in bestimmter Richtung mehr Licht ausgegeben und das Brennen beruhigt werden soll.

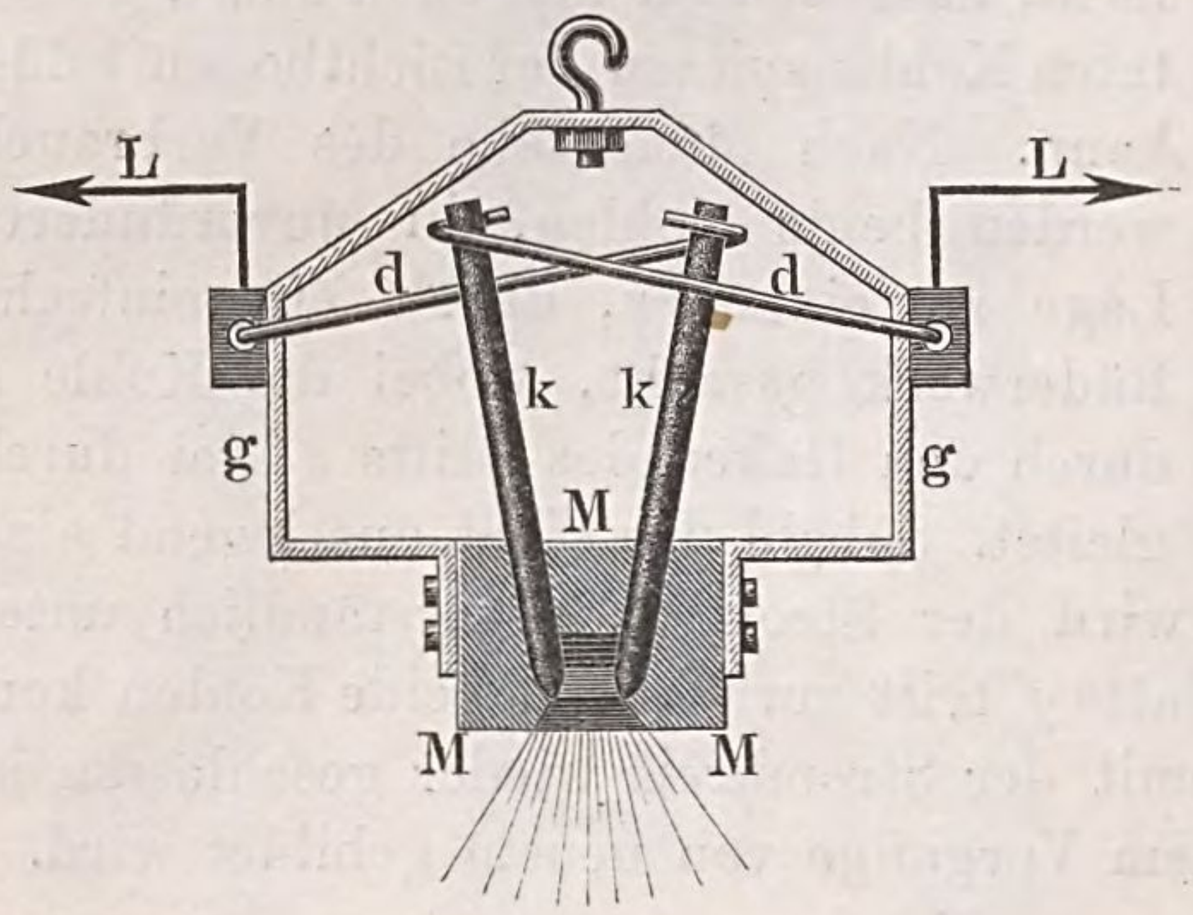
[2]) Mittelst Zusatzpatents Nr. 13669 (Patentblatt Nr. 27 pro 1881) ist dazu auch eine automatische Schaltung bei Anwendung mehrerer Kohlenpaare gesichert.

§. 79.

Elektrische Kerze von Clerc (Bureau).

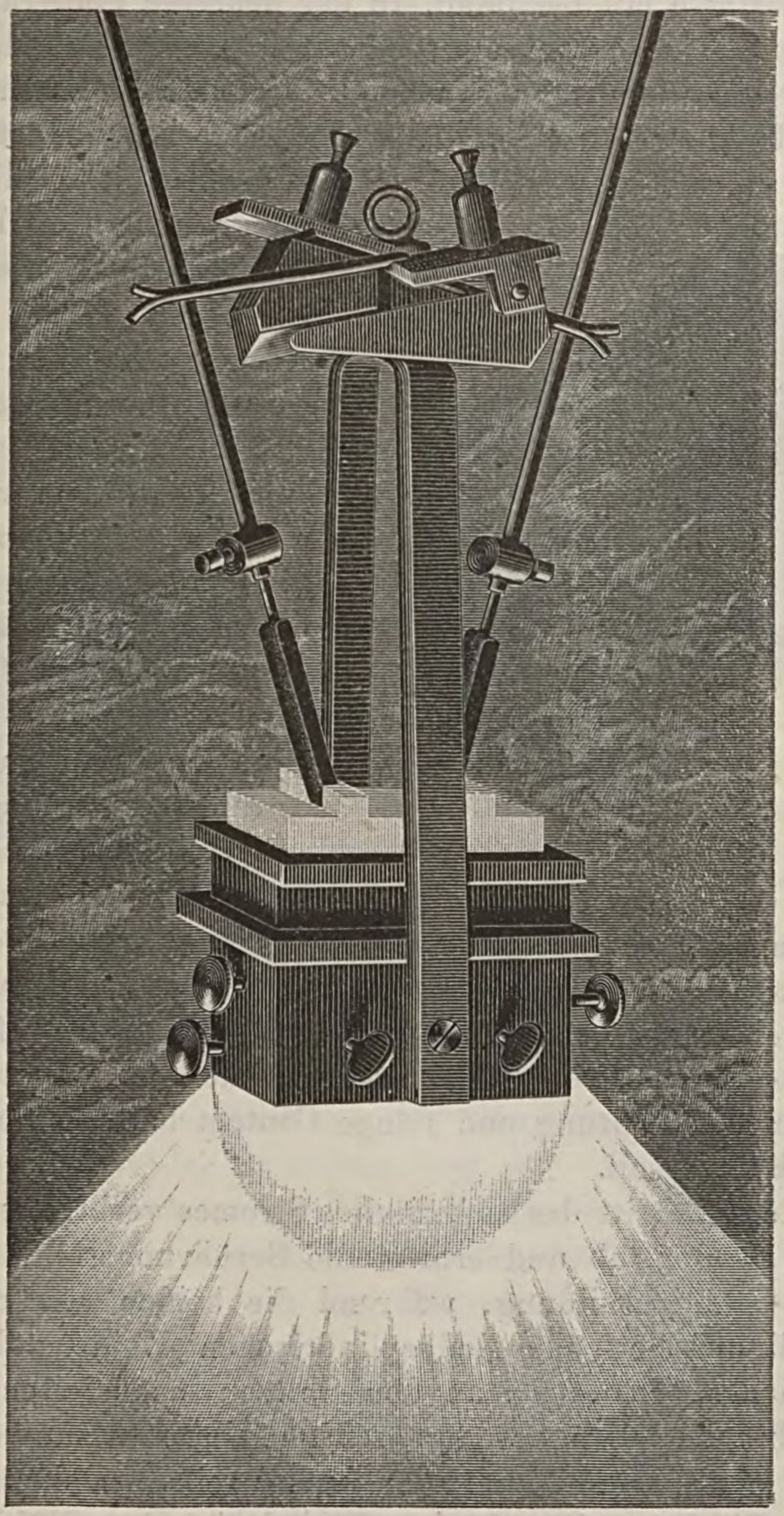
In neuerer Zeit lässt Clerc zwei Kohlenstäbe, *k k* (Fig. 146) innerhalb eines nach unten geöffneten Marmorblocks *M* in unveränderlicher Entfernung zwischen den Kohlenspitzen brennen. Der Marmorblock ist mit dem Gehäuse *g* durch Schrauben verbunden; innerhalb desselben befinden sich, an leichter Führung aus Kupferdraht *d d*, die Kohlen *k k*, welche sich durch ihr Gewicht, in entsprechender Durchbohrung des Marmorblocks, nach Maassgabe des Verbrauchs senken. Wie bei Jablochkoff wird auch hier die Verbrennung durch besondere leitende Verbindung der Kohlenspitzen eingeleitet. Die Leitungen *L L* schliessen die am Haken aufzuhängende Vorrichtung in den Stromkreis, welcher sich durch die Drähte *d d* über beide Kohlenstäbe fortsetzt. Bei dieser Construction stösst auch die Anwendung continuirlicher Ströme auf kein Hinderniss. Ein ähnliches Arrangement zeigt der Regulator Staite aus dem Jahre 1848, der ungeachtet ausserordentlicher Einfachheit keine praktische Verwendung gefunden hat. Grössere Aufmerksamkeit scheint man dieser Einrichtung jetzt in der Form Clerc zuwenden zu wollen; man hat bereits in Stelle des Marmors einen Block aus Kreide verwendet, dem nur im untern Theil, zwischen beiden Kohlenstäben, eine Platte aus Marmor eingefügt ist und in dieser Veränderung die in Fig. 146a dargestellte Form unter dem Namen „Lampe-Soleil“ gebildet, welche sich bei

Fig. 146.



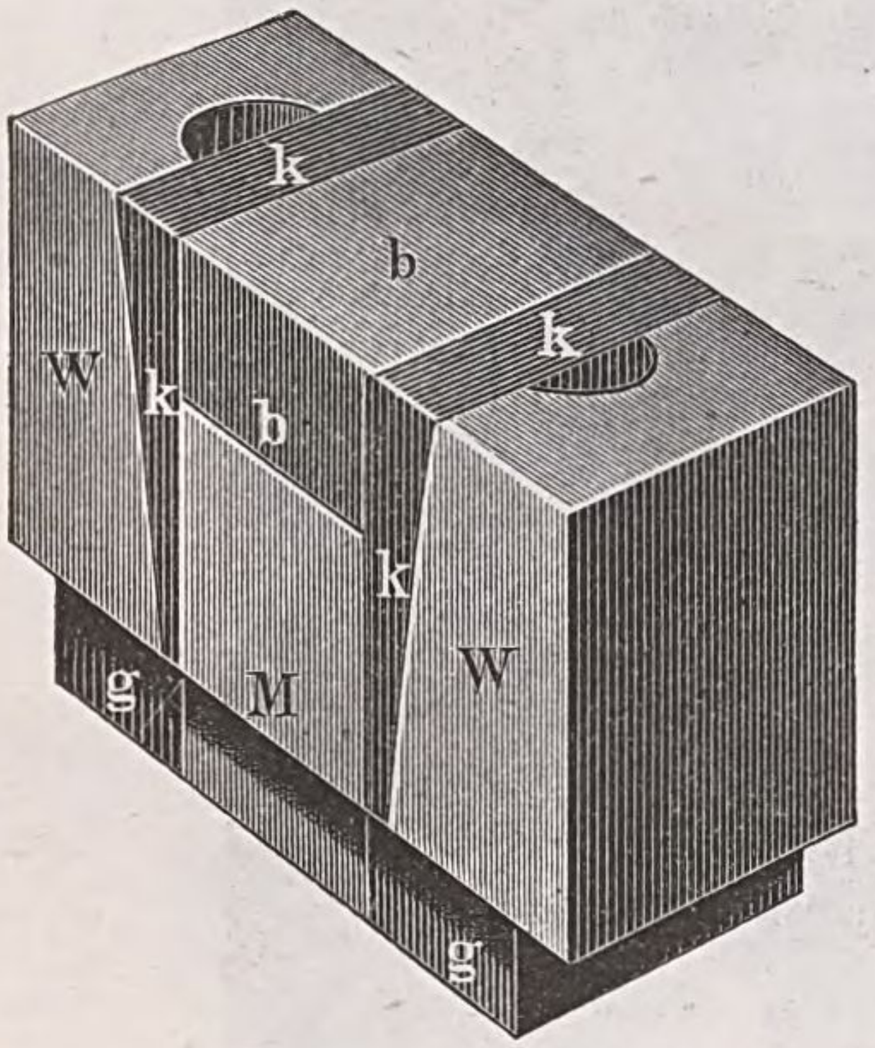
den stattgehabten Versuchen sehr gut bewährt haben soll; nur hat das Licht in Folge Glühens des feuerfesten Materials eine röthliche Farbe.

Fig. 146a.



Wir haben es bei diesen Constructionen mit einer Combination des Lichtbogens und des Glühlichts zu thun und zwar in weit ausgesprochenerem Maasse als bei der Jablochkoff'schen Kerze, in welcher sich das Licht ebenfalls durch das Glühen der isolirenden Masse mit bestimmt. In der neuesten Construction der Soleil-Lampe ist der Steinblock nach Fig. 146b gebildet. *W W* sind zwei pyramidalförmige Stücke aus Weissstein oder Kreide, zur Führung der beiden Kohlen halbkreisförmig ausgebohrt, welche mit ihren Spitzen die Unterlagen *g g* aus Granit berühren. Beide Granitplatten schliessen einen Block *M* aus weissem Marmor ein, welcher, zur Completirung der ganzen, nach Fig. 146a durch Eisengestell mittelst Schrauben verbundenen Masse, mit einem Block *b* aus beliebiger Steinart bedeckt und durch die Keilstücke *k k* den Kohlenhaltern *W W* angefügt ist.

Fig. 146b.



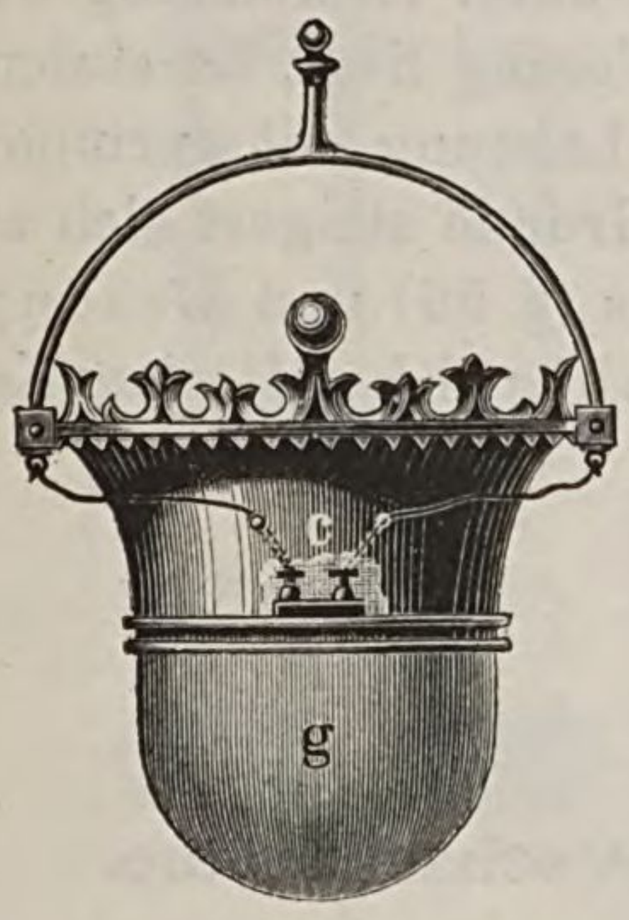
Die das Licht nach unten ausstrahlende Oeffnung des Marmorblocks *M* reicht bis zur Oberfläche der Granitplatten *g g*, welche in schmaler Rinne einen sehr dünnen Kohlenstab in horizontaler Lage tragen, der nicht nur die etwa 20 mm unter einander entfernten Spitzen der in der halbkreisförmigen Ausbohrung der Blöcke *W W* befindlichen Kohlenstäbe leitend verbindet, sondern auch mit dem Marmorblock *M* in der Richtung und Länge Contact hält, in welcher das Licht erscheinen soll.

Mit dem Eintritt des elektrischen Stromes verbrennt zunächst der dünne Kohlenstab und erhitzt die Berührungsstelle des Marmors zur Glühlichtbildung, während die beiden stärkern, sehr harten cylindrischen oder halbcylindrischen Kohlenstäbe, nach Maassgabe des Verbrauchs an den Spitzen, nachgleiten. Dieser Kohlenverbrauch soll in der gegenseitigen Unterstützung der Glühlicht- und Lichtbogenbildung sehr gering sein, ist aber nach der gewählten Stärke und nach dem Verhältniss der Glühlicht- zur

Lichtbogen-Wirkung selbstverständlich verschieden. Für intensivere Wirkungen bedient man sich auch, in Stelle der cylinderischen Form, massiver Kohlenplatten. Die Dauer des Marmorblocks wird im Allgemeinen zu etwa 80 Stunden angegeben und dessen Preis zu 40 Pfennige, während halbrunde Kohlenstäbe von 10 mm Durchmesser, bei überwiegendem Glühlicht, pro Stunde 10 mm von ihrer Länge, also 20 mm pro Stunde und Lampe verbrauchen, so dass neben den Ausgaben für Kohlen auch die Kosten für den Marmorblock in Betracht kommen.

Auf der Pariser Ausstellung brannte die Soleil-Lampe in Laternen der Fig. 146c, welche zwei Systeme in solchem Arrangement enthielten, dass mit dem Verlöschen des einen, das andere selbstthätig zündete. Die Systeme sind darin durch eine Kupferbekleidung *c* verdeckt, während das Licht durch die Glasglocke *g* ausstrahlt.

Fig. 146c.



Zum Betriebe sechs solcher Lampen desselben Kreises bediente man sich der Maschine Lachaussée (Fig. 98), welche mit 24 Pferdekräften arbeitete.

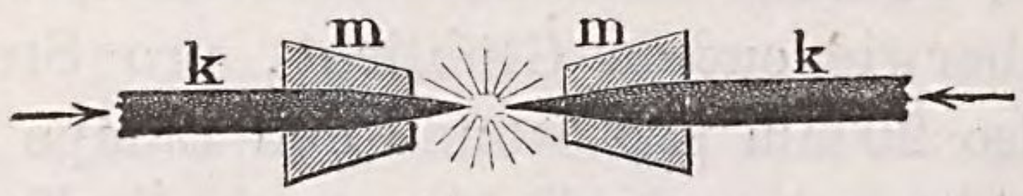
Stehen die Kohlenspitzen soweit auseinander, dass die Incandescenz-Beleuchtung überwiegt, so treten selbstverständlich die Vortheile und Nachtheile dieser Beleuchtungsart schärfer hervor, d. h. dem sehr ruhigen, gleichmässigen und milden Licht steht ein grösserer Aufwand gegenüber, als in der Bildung des Lichtbogens.

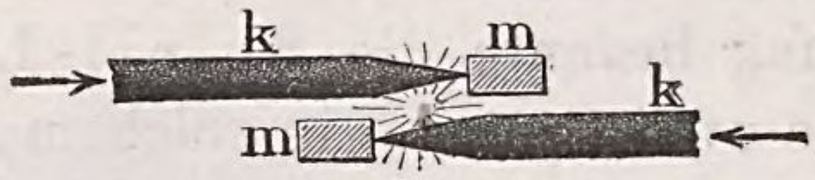
Aus einer Reihe von Versuchen mit Gramme'scher Maschine, betrieben mit durchschnittlich 23,3 Pferdekräften (1900 bis 2000 Touren pro Minute), bei Anwendung von 11 mm starken Kohlenstäben und 12 Lampen im Kreise, betrug die Stromstärke durchschnittlich 9,6 Webers, und jede Lampe hatte in Richtung der Maximalwirkung eine Leuchtkraft von durchschnittlich 800 Normalkerzen, so dass also auf jede Lampe $\frac{23{,}3}{12} = 1{,}94$ Pferdekräfte und auf jede Pferdekraft durchschnittlich 412 Normalkerzen Leuchtkraft entfielen.

Im Princip ähnliche Lampen sind von Bacllehache und

Delaye construirt, welche die Kohlenstäbe *k* in horizontaler Lage, mittelst einfacher Feder- oder Gewichtwirkung, durch resp. gegen festes, lichtbrechendes Material *m* führen, wie in den Figuren 147 schematisch dargestellt. Beide Systeme waren auf der Pariser Ausstellung, das von Delaye unter dem Namen „Lampe-Solaire“, welches durch das Brennen zweier Flächen Vortheil bietet.

Fig. 147.





Dass in Erhaltung der Vortheile der Jablochkoff'schen Kerze, unter Anwendung continuirlicher Ströme, ein besonderer Vorzug liegt, ist einleuchtend, weil diese Ströme bei ihrer höhern Leistung mit geringerem Aufwand zu erzeugen sind. Aus diesem Grunde steigert sich auch der Werth der Constructionen Heinrichs (§. 56) und Lescuyer (§. 57), welche ebenfalls als Ersatz der Jablochkoff'schen Kerze betrachtet werden können.

c. Elektrische Lampen für Wechselströme.

§. 80.

Differential-Lampe von Siemens & Halske.

Seit Anwendung der Wechselströme zum Betriebe der Jablochkoff'schen Kerze haben Siemens & Halske es sich angelegen sein lassen, besondere Wechselstromlampen zu construiren. Fig. 148 zeigt die Einrichtung einer solchen. EE_1 sind zwei Elektromagnete polarisirter Apparate, E mit wenigen Windungen starken, E_1 mit vielen Windungen dünnen Drahts. Die Führungsstange S beider Kohlenhalter ist mit entgegengesetzt geschnittenen Schraubengewinden versehen und trägt unten ein Zahnrad r, in dessen Zähne die Zungen $z z_1$ beider Elektromagnetanker eingreifen, deren hin- und hergehende Bewegung das Rad r nach

der einen oder andern Richtung dreht, wodurch die Kohlenstäbe einander genähert oder von einander entfernt werden. Der Lauf des Stromes aus den Leitungen LL_1 ist durch gebrochene Linien markirt.

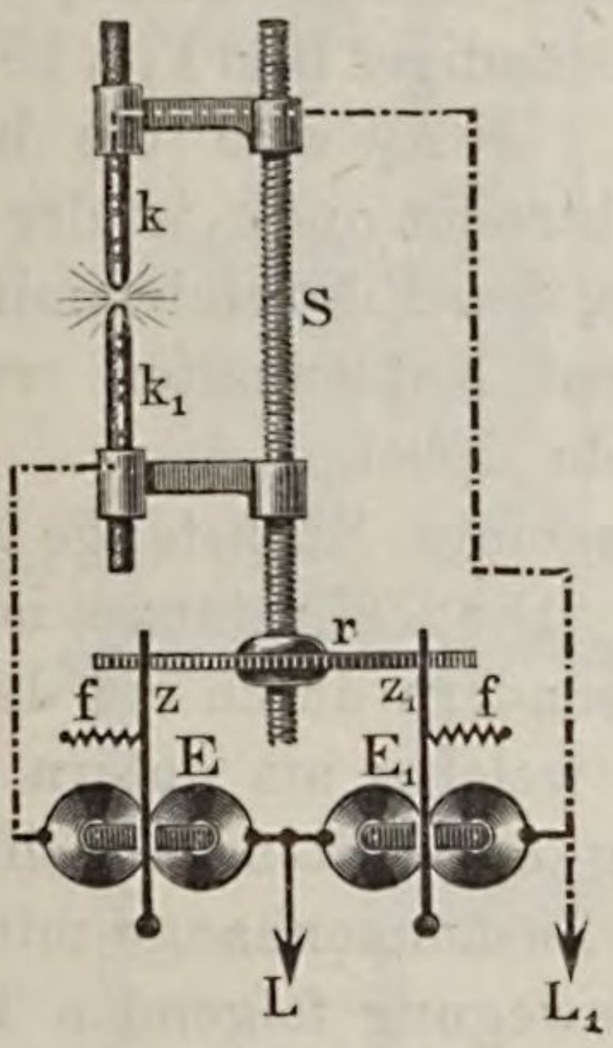
Wir unterscheiden auch in dieser Verbindung zwei Kreise:

einen LEk_1kL_1 mit geringem Widerstande, in welchem das Licht brennt,

den zweiten LE_1L_1 mit grossem Widerstande.

Nach Maassgabe der Länge des Lichtbogens resp. der Grösse des Flammenwiderstandes, verändert sich das Widerstandsverhältniss beider Kreise; der Strom variirt und wirkt bewegend auf zz_1, wenn derselbe stark genug ist, die in den Spiralfedern ff gebotene Gegenwirkung zu überwinden, womit die Entfernung unter den Kohlenspitzen regulirt wird.

Fig. 148.



Verlischt das Licht, so wird der Strom im ersten Kreise unterbrochen; er circulirt dann nur durch E_1, bewegt z_1 und nähert die Kohlen bis zur Berührung, wodurch sich das Licht wieder bildet. Der ganze Mechanismus beruht auf Differentialwirkung zwischen einem Haupt- und Nebenstrom nach dem Gesetz, dass der Strom des einen Zweiges sich in demselben Maasse verstärkt, wie der Widerstand im andern Zweige wächst.

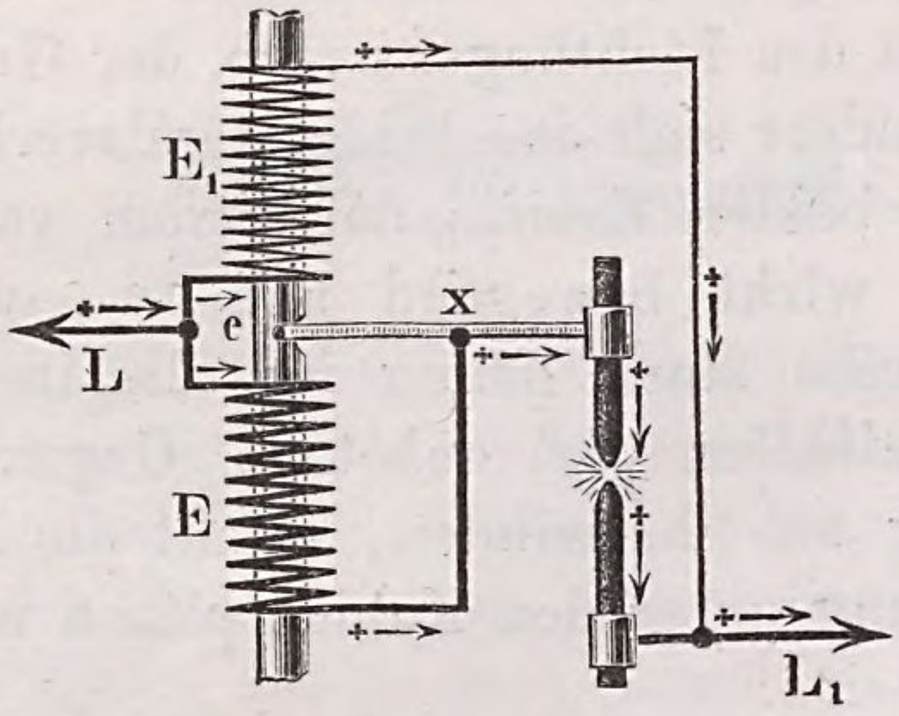
Diese Construction wurde aber sehr bald durch eine vollkommenere Einrichtung, die sogenannte „Differential-Lampe“ von Siemens mit grösserm praktischen Erfolge ersetzt, deren Uebergangsform wir bereits in §. 72 kennen gelernt haben, weshalb wir Abstand nehmen, die Einrichtung und Wirkung der polarisirten Elektromagnete EE_1 der Fig. 148 specieller zu beschreiben.

Die Differential-Lampe (Fig. 149, a. f. S.) führt zwei Drahtrollen, E mit geringem, E_1 mit grossem Widerstand, in deren freien Raum, und zwar innerhalb eines durch beide Rollen gehenden Rohrs, durch den Einfluss des in den Drahtwindungen circu-

lirenden Stromes, ein Eisenstab *e* gehoben und gesenkt werden kann. Mit diesem Stabe ist der obere Kohlenhalter durch einen um *x* drehbaren Hebel verbunden.

Durch jede Spirale führt ein Theilstrom, von denen der eine directe Verbindung unterhält, der andere durch die Kohlen führt und das Licht bildet. Je nachdem diese beiden Theilströme variiren, tritt die Bewegung zur Regulirung des Kohlenabstandes ein. So einfach wie in diesem Schema ist nun allerdings die Wirkung der Differential-Lampe nicht, deren vollständiges Bild Fig. 150 liefert. $E E_1$ sind die beiden Drahtrollen und a_1 ist der drehbare, den Eisenstab *e* mit dem obern Kohlenhalter verbindende Hebel.

Fig. 149.



Der obere Kohlenhalter besteht aus einer Zahnstange *z* mit Klemme *a* zur Aufnahme der Kohle *k*. Die Zahnstange ist mit dem Hebel a_1 nicht direct verbunden, sondern durch ein demselben angehängtes Führungsgestell $A A$, welches am untern Ende an dieselbe in einer Gelenkverbindung a_2 gleitend anschliesst. Fig. 150a zeigt das Führungsgestell, im Zusammenhange mit dem daran gelagerten und deshalb seiner Bewegung folgenden Triebwerk, in grösserm Maassstabe. Die gleitende Zahnstange *z* bewegt das Rad *r*, indem deren Zähne in einen Trieb desselben eingreifen. Die Zähne des Rades *r* setzen ein kleines Echappement e_1 in Bewegung, welches ein Pendel *p* mit gekrümmter Pendelstange trägt, das dadurch in Schwingung versetzt wird. Die über dem Echappement verlängerte Pendelstange greift in den Einschnitt des Armes a_3 der Führung $A A$, findet bei gehobener Lage derselben in diesem Einschnitt Widerstand, arretirt dadurch das Echappement und verkuppelt die Zahnstange mit dieser Führung, während sich bei der nach unten gerichteten Bewegung der Arm a_3 gegen einen Stift *s* lehnt, und, so angehoben, Echappement und Zahnstange zur Bewegung frei stellt.

Wenn bei circulirendem Strom die Kohlen nicht in Berührung sind, so bietet sich demselben nur ein Weg durch die Spirale E_1.

Dieselbe zieht den Eisenstab *e* an, die Führung *A A* senkt sich, Zahnstange *z* wird frei und gleitet mit der obern Kohle. Diese Bewegung, dadurch gemässigt, dass *z* gleichzeitig die Drehung des

Fig. 150.

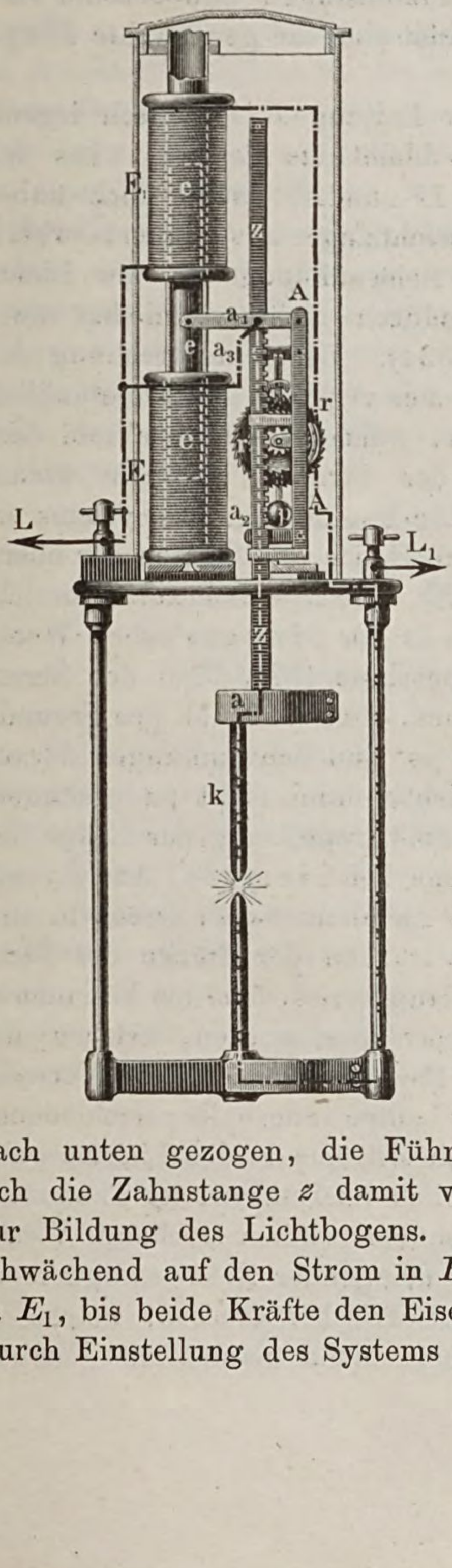


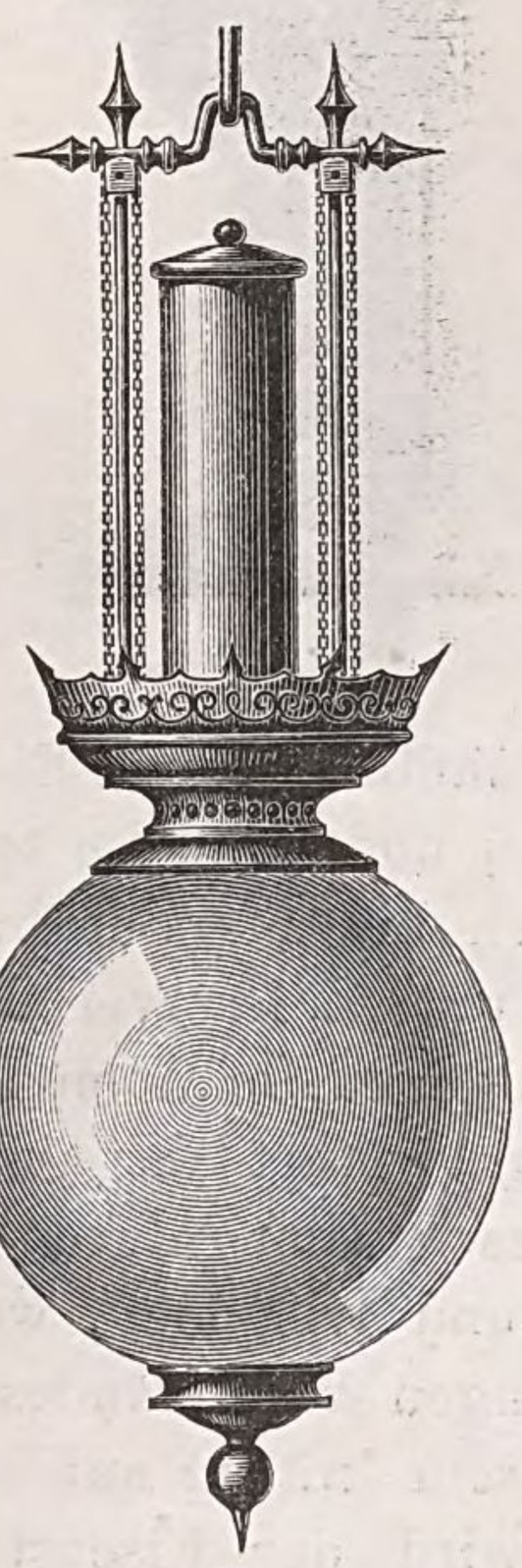
Fig. 150a.

Rades *r* zufällt, welches Echappement e_1 und Pendel *p* treibt, setzt sich bis zur Berührung mit der untern, fest verbundenen Kohle fort. Im Moment der Berührung führt der grösste Theil des Stromes durch Spirale *E* und tritt hier, wegen des geringen Widerstandes derselben, sehr kräftig auf. Dadurch wird der Eisenstab *e* nach unten gezogen, die Führung *A A* hebt sich und, indem sich die Zahnstange *z* damit verkoppelt, auch die obere Kohle zur Bildung des Lichtbogens. Der Widerstand desselben wirkt schwächend auf den Strom in *E* und verstärkend auf den Strom in E_1, bis beide Kräfte den Eisenstab *e* im Gleichgewicht halten. Durch Einstellung des Systems wird diese Gleichgewichtslage so

angeordnet, dass dabei Arm a_3 der Führung AA sehr nahe über seinem Auslösungsstift liegt, so dass schon geringe, durch das Verbrennen der Kohlen bedingte Veränderungen der Stromstärken, welche den Hebel a_1 durch Störung des Gleichgewichts fortwährend in leichter Bewegung erhalten, die Zahnstange z abwechselnd verkuppeln und frei geben. Damit erhält sich die gewünschte Länge des Lichtbogens.

Wird die Stromstärke in der Leitung L/L_1 durch irgend welche Veranlassung verändert, so bleibt das Verhältniss der Stromstärken in beiden Spiralen E und E_1 davon doch unberührt, so dass sich die Gleichgewichtslage unverändert erhält, während Schwankungen in der Lichtstärke dadurch nicht vermieden werden (S. 324). Bei Unterbrechung des Hauptstromes verlischt selbstverständlich das Licht, welches sich aber mit dem Eintritt des Stromes sogleich wieder bildet. Die Regulirung des Systems erfolgt durch Heben und Senken der obern Spirale E_1 mittelst Schraubenvorrichtung. Da in der Siemens'schen Wechselstrommaschine (Fig. 70c) der Strom sehr schnell, etwa 120 mal pro Secunde wechselt, so sind Schwankungen daraus in der Lichtbildung nicht zu erkennen. Dass die Selbstregulirung der Länge des Lichtbogens bei Siemens' Anordnung, innerhalb ziemlich weiter Grenzen, unabhängig ist von der Stärke des Stromes im Hauptkreise, darf als besonderer Vorzug betrachtet werden, welcher eine grössere Beweglichkeit in der Verwendung der Lampe innerhalb verschiedener Kreise sichert; dass aber die Wechselströme in der Lichtausgabe den continuirlichen Strömen erheblich nachstehen, ist Thatsache. Wie weit es diesem Umstande gegenüber räthlich erscheint, Wechselströme in andern Fällen als die dringender Nothwendigkeit zu verwenden, wie bei den Jablochkoff'schen Kerzen, welche in ihrer ausserordentlichen Einfachheit einen namhaften Vortheil

Fig. 150b.



bieten, bleibt jedenfalls für den Gebrauchsfall zu entscheiden. Siemens nennt allerdings den Mechanismus seiner Differential-Lampe „sehr einfach“; ob dies der Fall, kann jeder selbst urtheilen.

Fig. 150b zeigt die Differentiallampe der gebräuchlichsten Form in vollständiger Zusammensetzung. Die Glocke wird hergestellt aus Alabaster, Opal- oder Milchglas und, zur Verhütung des Auseinanderfallens bei etwaigem Springen, mit einem Netz aus feinem Draht besponnen [1]). Von diesen Lampen brennen in der Regel vier bis sieben in demselben Kreise mit einer Lichtstärke von circa 250 Normalkerzen, bei der Bildung zweier und mehrerer solcher Kreise aus derselben Wechselstrommaschine (Fig. 49). Man rechnet dabei auf jede Lampe eine Pferdekraft für den Betrieb der Dampfmaschine, wobei in der Beleuchtung von Bahnhöfen circa 500 qm Bodenfläche pro Lampe entfallen. Bei der S. 99 mitgetheilten Installation beleuchtet eine Flamme sogar 17 000 qm Bodenfläche, wobei allerdings für jedes Licht eine besondere Maschine unterhalten wurde.

§. 81.

Differential-Lampe von Gérard.

Weit einfacher ist die ebenfalls mit Wechselströmen betriebene sogenannte Differential-Lampe von Gérard (Fig. 151, a. f. S.). Durch den Eisenkern eines geraden Elektromagneten *e* führt der obere Kohlenhalter *h*, welcher in passender Durchbohrung des Kerns frei abfallen kann. Die magnetische Wirkung des vertical gerichteten Elektromagneten äussert sich nach oben und nach unten, und zwar nach oben auf eine kleine Bremse, welche den Fall des obern Kohlenhalters *h* regelt, und nach unten auf einen mit dem untern Kohlenhalter h_1 verbundenen Anker.

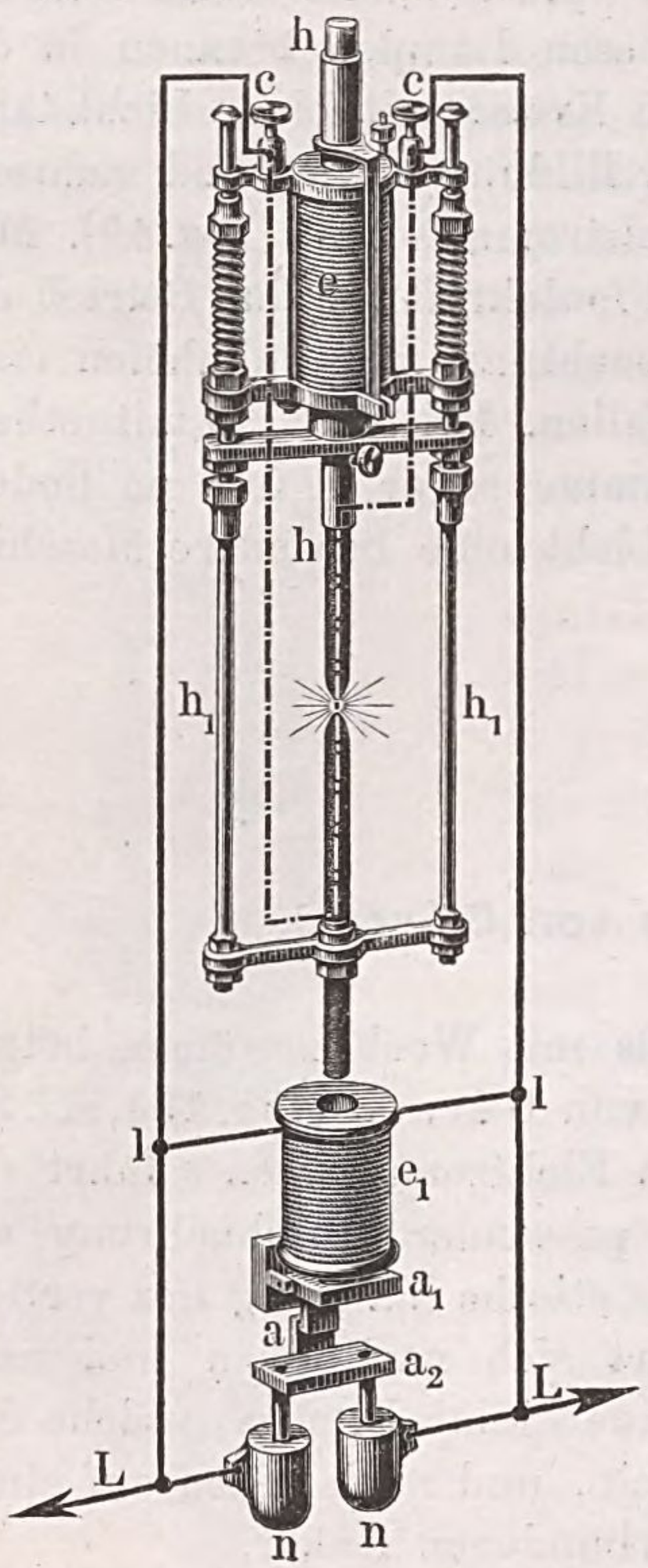
---

[1]) Clemandot benutzt Glocken aus klarem Glas und umgiebt das Licht mit gesponnenem weissen Glase (Glaswolle), was den Lichtverlust ermässigen soll.

In Stelle des Drahtnetzes versieht Guichard die Glocken mit einem Netz von solidem Kupfer auf galvano-plastischem Wege. Dadurch soll nicht nur das Auseinanderfallen etwa zerspringender Glocken besser verhindert, sondern auch dem Bruch wirksamer vorgebeugt werden.

Der Elektromagnet *e* ist in einen Zweig des Hauptstroms eingeschaltet. Im Zustande der Ruhe, während der Strom nicht circulirt, stehen die Spitzen der Kohlenstäbe nicht in Berührung. Tritt daher der Strom ein, so findet derselbe nur den Weg durch die Elektromagnetwindungen frei, in welchen er somit in voller Stärke auftritt und darin so bedeutende magnetische Wirkung äussert, dass der untere Kohlenhalter h_1 bis zur Berührung der Kohlenspitzen gehoben wird. Der Strom findet nun einen zweiten Weg durch die Kohlen, und in Folge der damit verbundenen Schwächung innerhalb der Elektromagnetwindungen fällt der untere Kohlenhalter h_1 wieder zurück, indem sich der Lichtbogen bildet. Von diesem Moment ab beginnt die Thätigkeit der Bremse, welche sich unter der Wirkung des durch Kohlenverbrauch geschwächten Stromes öffnet und im verstärkten Strom, bei normaler Lichtbogenlänge, wieder schliesst, so dass der obere Kohlenhalter *h*, dem Kohlenverbrauch entsprechend successive abfällt, womit sich die normale Länge des Lichtbogens nahe erhalten soll. Bei Unterbrechung des Lichts greift die Bremse an und verhindert das weitere Abfallen des obern Kohlenhalters. Verlischt daher das Licht aus zufälliger Veranlassung, so wiederholt sich der Vorgang, zunächst durch das Anheben des untern Kohlenhalters. Für solchen Fall sorgt Gérard, sofern mehrere Lampen im Kreise brennen, durch Benutzung eines besondern, automatisch wirkenden Umschalters dafür, dass der Strom in der betreffenden Lampe

Fig. 151.



kurzen Schluss erhält, also nicht in solchem Maasse geschwächt wird, dass darunter die Lichtstärken der im Betriebe verbliebenen Lampen wesentlich verändert werden.

Dieser Umschalter besteht aus einfachem geraden Elektromagneten e_1 mit drehbarem Anker a_1, welcher an einem rechtwinkligen Ansatz, mit Haken, in den Haken eines ähnlichen Ansatzes a der Metallplatte a_2 eingreift, deren zwei Metallstifte in die Oeffnungen der Metallnäpfchen nn hineinragen, welche zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt sind.

LL sind die Drahtanschlüsse an die benachbarten Lampen resp. einerseits an die Lichtmaschine, andererseits an die nächste Lampe des Lichtkreises. Beide Drähte führen an die Metallnäpfchen nn und verzweigen über ll durch die Windungen des Elektromagneten e_1, über die Klemmen cc durch die Windungen des Elektromagneten e und, in Richtung der gebrochenen Linien, durch beide Kohlenstäbe, falls deren Spitzen in Berührung stehen oder der Lichtbogen bereits gebildet ist.

Verlischt derselbe, so bleiben dem Strom, bei Anwendung gedachten Umschalters, zwei Wege, durch die Windungen der Elektromagnete e und e_1. Der hier circulirende Strom ist bei brennendem Licht, wegen des grossen Widerstandes auf diesen Wegen, nur gering, verstärkt sich aber bedeutend, wenn der durch die Kohlen gebotene Weg, mit verhältnissmässig geringem Widerstande, unterbrochen wird. Die Thätigkeit des Elektromagneten e_1 besteht darin, dass sich beim Anzug des Ankers a_1 die Hakenverbindung a mit der Platte a_2 löst, diese also frei wird, abfällt und, indem dabei deren beide Stifte in die Quecksilberfüllung der Näpfchen nn tauchen, eine kurze leitende Verbindung zwischen LL über a_2 herstellt, welche eventuell durch Einschaltung künstlichen Widerstandes nahe auf den Widerstandswerth des durch die Kohlen und den Lichtbogen führenden Zweiges gebracht werden kann. Wie Gérard dabei Collisionen in der Wirkung beider Elektromagnete e und e_1 begegnet, ist in der uns zugegangenen Beschreibung der Lampe nicht angegeben; auch fehlen darin specielle Angaben über die regulirende Thätigkeit des Elektromagneten e, und es scheint fast, als ob Erfinder sein Werk mit einigen Geheimnissen decke.

Es wäre übrigens sehr störend, wenn der automatische Umschalter mit der Hand wieder eingestellt werden müsste, sobald

die Unregelmässigkeit beseitigt ist, welche zur Thätigkeit desselben Veranlassung war.

§. 82.

Differential-Lampe von Krizik.

Krizik verwendet in seiner Pilseu-Lampe (Fig. 152) zur Bewegung innerhalb der beiden Spiralen S und S_1, in Stelle des cylindrischen Eisenstabes der Siemens'schen Construction, einen nach beiden Seiten kegelförmig verlaufenden Eisenstab, um die Ungleichmässigkeit der magnetischen Anziehung in den verschiedenen Lagen desselben zu den Spiralen zu beseitigen (S. 317). Dieser konische Stab bewegt sich frei innerhalb eines ihn umschliessenden besondern Rohrs; er trägt an einem Metallrohr die obere Kohle k und steht durch zwei Schnüre, welche über die Leitrollen rr führen, mit dem untern Kohlenhalter in Verbindung. Der obere und der untere Kohlenhalter wirken in dieser Anordnung entgegengesetzt auf die Bewegung des konischen Eisenstabes, befinden sich aber in der Gleichgewichtslage, so dass nur der in den Spiralen circulirende Strom, den Stab zu bewegen im Stande. Die Spirale S besteht aus starkem Kupferdraht und hat nur geringen Widerstand; die Spirale S_1 [1]) dagegen aus einigen Windungen starken und einer grössern Zahl schwächern Drahts von grösserm Widerstande.

Wie aus dem Bilde zu erkennen, führt der positive Strom durch Spirale S, die Windungen eines kleinen Elektromagneten e, dessen Bestimmung wir demnächst betrachten, durch den obern Kohlenhalter, beide Kohlen resp. das Licht, den untern Kohlenhalter, über das Metallgehäuse nach dem negativen Pol der Elektricitätsquelle resp. nach den folgenden in den Kreis eingeschalteten Lampen. Der positive Strom verzweigt aber beim Eintritt in die Lampe, und der Zweigtheil führt durch die Spirale S_1 und demnächst direct an das Metallgehäuse.

Bei normaler Lichtbogenlänge findet aus dieser Stromtheilung

---

[1]) Es kommen auch zwei getrennte Windungen, eine aus starkem, die andere aus schwachem Draht zur Anwendung.

keinerlei Bewegung statt; wird der Lichtbogen aber unter dem Kohlenverbrauch länger, so verstärkt sich, nach Maassgabe der veränderten Widerstände, der Strom in Spirale S_1, der Eisenstab wird von derselben stärker angezogen, senkt sich also und damit auch die obere Kohle, während gleichzeitig, durch die Wirkung der mit dem Eisenstab verbundenen beiden Schnüre, die untere Kohle mit ihrem Halter gehoben wird. Dadurch, dass beide Koh-

Fig. 152.

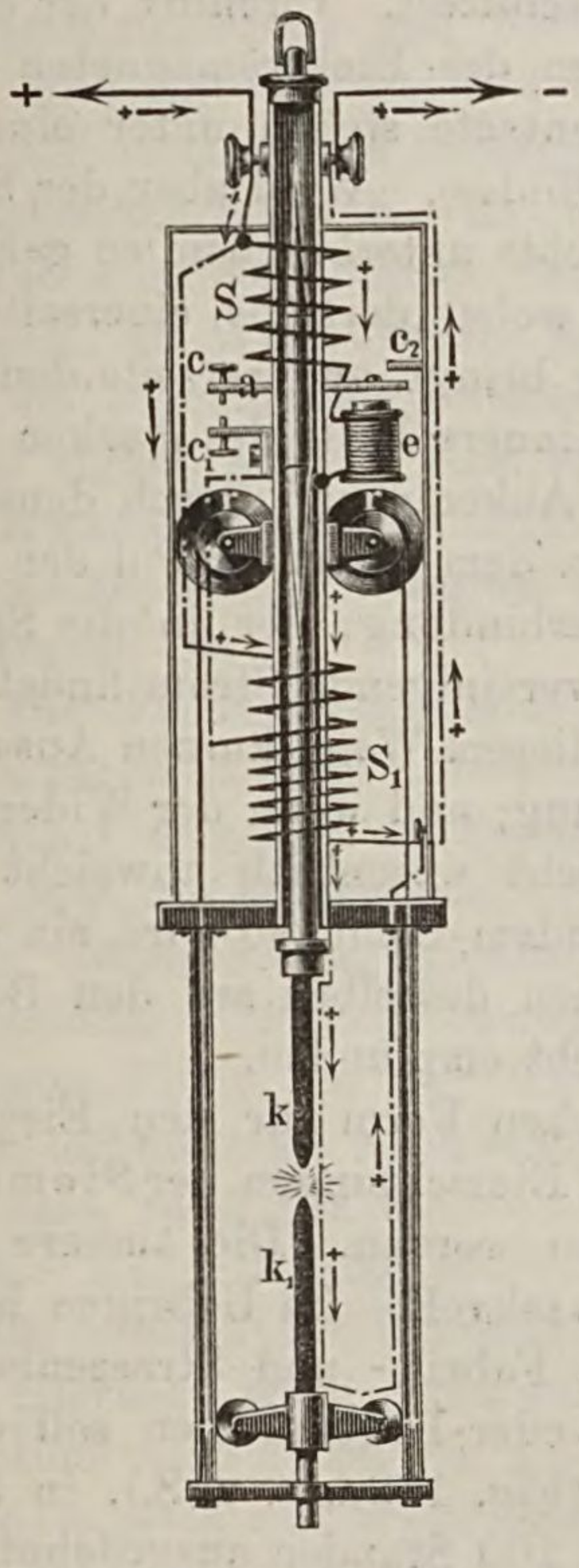
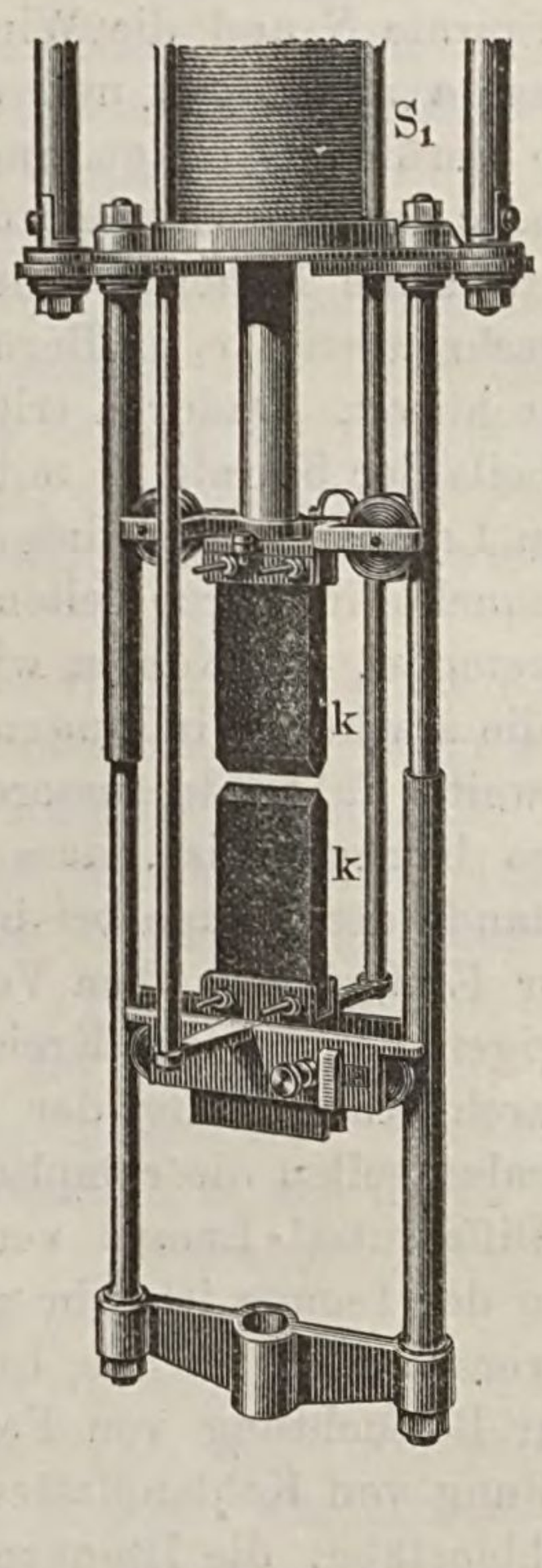


Fig. 152a.



len gleichzeitig in entgegengesetzter Richtung bewegt werden, erhält sich die Flamme stets in derselben Höhe.

Verlischt das Licht während der Strom circulirt, so würde derselbe, so lange die Kohlenspitzen nicht in Berührung getreten, nur einen offenen Weg, durch Spirale S_1, also grossen Wider-

stand innerhalb der Lampe finden, deren Flamme aus der Verbindung ausgeschieden ist, und darin das Brennen der übrigen Lampen des Kreises beeinträchtigen, wenn dies nicht durch besondere Anordnung verhindert wäre. Dieselbe besteht in der Anwendung des Elektromagneten e mit drei Contacten, $c\,c_1\,c_2$, von denen c mit dem Elektromagnetanker a selbst, c_1 mit der Spirale S_1 und zwar an der Stelle verbunden ist, wo die Windungen des starken mit denen des schwachen Drahts zusammentreffen, während c_2 an das Lampengehäuse anschliesst. Circulirt der Strom durch Spirale S und die Windungen des Elektromagneten e, so ist Anker a angezogen und die Contacte stehen unter einander nicht in Berührung (Lage unseres Bildes). Wird aber der Strom in S und e durch Verlöschen des Lichts unterbrochen, so geht der Anker in seine Ruhelage zurück, wobei derselbe einerseits die Contactschrauben c/c_1 in Berührung bringt, andererseits den Contact c_2 schliesst. Dadurch tritt das innere Ende des starken Windungstheils der Spirale S_1 mit dem Anker a und durch denselben mit dem Lampengehäuse bei c_2 resp. dem negativen Pol der Elektricitätsquelle in kurze leitende Verbindung; der in die Spirale S_1 eintretende, die Kohlen wieder vereinigende Strom findet also durch die starken Windungen auf diesem Wege kurzen Anschluss an die weiter führende äussere Leitung; und wenn der Widerstand dabei so bemessen ist, dass er nicht wesentlich abweicht vom Widerstande der Lampe bei brennendem Licht, so wird ein nachtheiliger Einfluss aus dem Verlöschen desselben auf den Betrieb der übrigen Lampen des Kreises nicht empfunden.

Durch Anwendung der konischen Form für den Eisenstab der Spiralen sollen die complicirtern Einrichtungen der Siemens'schen Differential-Lampe vermieden werden. Die äussere Ausstattung der Lampe ist sehr geschmackvoll. Im Uebrigen ist die Form verschieden für die Luxus-, Fabrik- und Strassenlampe; und zur Beleuchtung von Fabrik- oder Lagerräumen soll durch Anwendung von Kohlenplatten kk (Fig. 152a, a. v. S.), in Stelle der Kohlenstäbe, die Brennzeit auf 100 Stunden ausgedehnt sein. Diese Lampe unterscheidet sich im Wesentlichen nicht von der Form Fig. 152, ist aber in allen Theilen stärker construirt.

§. 83.

Ergänzende Betrachtungen über Wechselstromlampen.

Dass Krizik's Lampe nur für den Betrieb mit Wechselströmen bestimmt, ist uns nicht bekannt geworden. Wir haben dieselbe wegen ihrer im Princip grossen Aehnlichkeit mit der Wechselstromlampe von Siemens hier einrangirt. Wie diese aber auch im Betriebe mit continuirlichen Strömen verwendbar sein soll, so lässt sich unterstellen, dass erstere ebenfalls für beide Betriebsarten benutzbar ist. Ebenso werden unzweifelhaft mehrere der sub a für den Betrieb mit continuirlichem Strom bezeichneten Lampen, im Wechselstrom mit Erfolg zu verwenden sein. Dass sich die sogenannten Differential-Lampen dazu im Allgemeinen besser eignen mögen, lässt sich aus deren grösserer Empfindlichkeit erwarten, welche darauf beruht, dass das System äquilibrirt und die Bewegung lediglich den Differenzen in den Stromstärken übertragen ist.

Die Wechselströme sind in ihrer Wirkung von den continuirlichen Strömen darin unterschieden, dass sie, abgesehen vom chemischen Process, bei der Zersetzung flüssiger Leiter [1]), den Magnetstab resp. die Magnetnadel oder vom continuirlichen elektrischen Strom durchflossene Spiralen in der Wirkung als Magnete, in wechselnder Richtung bewegen (S. 110), dass sie, bei dauernd schneller Folge, in der Wirkung auf weiches Eisen, dasselbe durch fortwährend wechselnde Polarität, stärker erwärmen (S. 44) und dass, unter der wechselnden Polarität, in den durch Wechselströme magnetisirten Eisentheilen der remanente Magnetismus (S. 29) weniger zur Herrschaft gelangen kann.

Hiernach würde man annehmen dürfen, dass bei solchen Constructionen, in denen der elektrische Strom weder auf permanente Magnete noch auf bewegliche, von Strömen durchflossene Spiralen bewegend wirkt, kein wesentliches Hinderniss vorhanden sei,

---

[1]) Die Zersetzungsproducte wechseln unter der Einwirkung der Wechselströme fortwährend ihre Stelle, so dass also die Zersetzung unter dauernder Bildung und Rückbildung nicht zu Stande kommen kann.

auch für continuirlichen Strom bestimmte Lampen mit Wechselströmen zu betreiben, sofern der Mechanismus nicht etwa besondere Erscheinungen berücksichtigt, welche sich lediglich an den continuirlichen Strom knüpfen, wie Bewegungsverhältnisse aus ungleichem Verbrauch der Kohlenstäbe etc. Dennoch ist es denkbar, dass die eine Construction besser durch continuirlichen Strom, die andere besser durch Wechselströme zu betreiben ist, zumal auch die Beschaffenheit des Eisens, welches als Kern oder Anker eines Elektromagneten oder als beweglicher Stab innerhalb der magnetisirten Spirale dient, wesentlichen Einfluss auf den Betrieb äussern kann. Im Weitern dürfte nicht ausser Acht zu lassen sein, dass bei Anwendung von Wechselströmen, und zwar im Moment des Wechsels der Richtung, der Lichtkreis nothwendig stromlos sein muss, was unter Umständen zu recht störenden Erscheinungen Veranlassung giebt, namentlich auch unter dem Einfluss der dabei auftretenden Extraströme (S. 191) und damit nothwendig verknüpfter Unruhe innerhalb des Lichtbogens.

Jedenfalls darf man sich nicht mit der Möglichkeit zur Verwendung der Lampen für beide Betriebsarten begnügen, sondern muss stets darauf bedacht sein, die möglichst beste Wirkung zu erzielen. Insofern erscheint es geboten, nur solche Lampen im Betriebe mit Wechselströmen zu verwenden, welche in Bezug auf ihre desfallsigen Leistungen geprüft und als Wechselstrom-Lampen besonders bezeichnet sind; aus diesem Grunde dürfte es dann aber auch genügend begründet sein, diese Lampen getrennt von den Lampen für continuirlichen Strom zu behandeln.

---

d. Incandescenz-Lampen.

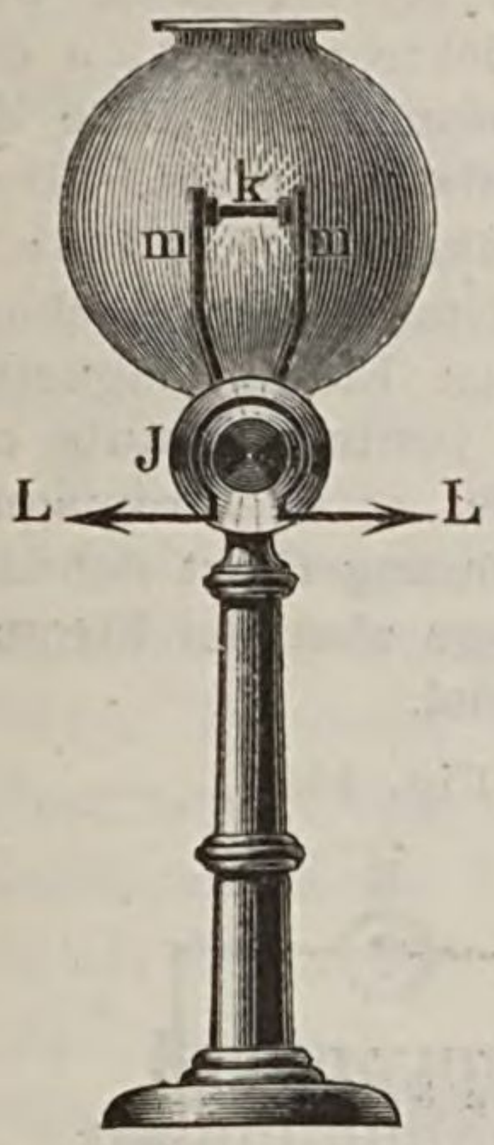
§. 84.

Incandescenz-Lampe von Jablochkoff.

Ungeachtet der hohen Kosten resp. der geringen Lichtstärken der Incandescenz-Beleuchtung werden die Versuche damit fortgesetzt resp. wiederholt, weil man überzeugt ist, dass das schwache elektrische Licht in vielen Fällen besondere Vortheile bietet.

Fig. 153 zeigt die Construction Jablochkoff in Form einer gewöhnlichen Lampe. Derselbe verwendet, in Stelle schwer schmelzbarer Metalle, einen feuerbeständigen Stoff (Kaolin), welchen er durch den elektrischen Strom zum Weissglühen bringt, was ein gutes mildes aber gelbes Licht erzeugt. Er schaltet in den Kreis der Maschine für jede Lampe eine besondere Inductionsrolle, deren secundäre Spirale den Strom für das Licht liefert (Volta-Induction)[1]).

Fig. 153.



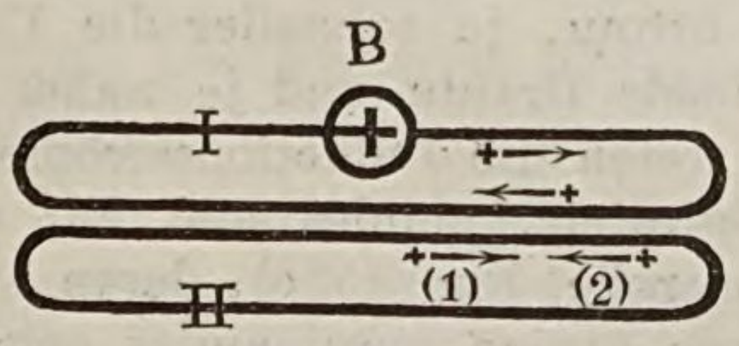
In unserm Bilde (Fig. 153) ist *I* diese Inductionsrolle, deren primäre Spirale im Hauptstrom liegt, während die Enden der secundären Spirale in Metallstreifen *m m* auslaufen, welche den Kaolinstab *k* von etwa 40 mm Länge einschliessen, der zur Einleitung der Verbrennung, zwischen *m m*, mit einem Bleidraht versehen wird.

Der Porcellanthon wird weissglühend ohne zu schmelzen und verzehrt sich in der Luft, und zwar, nach allgemeiner Annahme, um 1 mm pro Stunde in der durch den Bleidraht vorgezeichneten Ausdehnung.

---

[1]) Wird, wie im §. 30 bereits ausgeführt, ein mit irgend welcher Elektricitätsquelle, etwa der galvanischen Batterie *B* versehener Stromkreis I (Fig. 153a), geschlossen, so ensteht beim Schlusse desselben, in dem benachbarten, zu einem Kreise geschlossenen Leiter II ein Inductionsstrom von äusserst kurzer (momentaner) Dauer, welcher dem Strom des primären Kreises I entgegengesetzt gerichtet ist (1). Die Oeffnung dieses Kreises erzeugt einen zweiten Inductionsstrom in II, aber von gleicher Richtung (2) mit dem primären, galvanischen Strom. Es lassen sich also durch fortgesetztes Schliessen und Oeffnen des primären Kreises I eine Reihe von Inductionsströmen wechselnder Richtung (Volta-Inductionsströme) im Kreise II bilden (Wechselströme), welche selbstverständlich in ähnlicher Weise wirken, wie die Ströme aus Wechselstrommaschinen (§. 26 ff.).

Fig. 153a.



Bedient man sich im Kreise I der gewöhnlichen galvanischen Batterie oder einer andern Elektricitätsquelle, welche continuirliche

Nach Maassgabe der Grösse des Inductors *I*, der im geeigneten Falle auch im Fusse der Lampe angebracht wird, soll die

---

Ströme liefert, so bedarf es einer besondern Vorrichtung zur fortgesetzten Unterbrechung des dauernd abfliessenden Stromes, etwa wie in Fig. 153b dargestellt. *E* ist ein gewöhnlicher Elektromagnet, *a* dessen pendelartig aufgehängter Anker, welcher im Zustande der Ruhe durch einfache Federwirkung gegen die Contactschraube *c* drückt. Denken wir uns diese Einrichtung in den primären Stromkreis I (Fig. 153a) eingeschaltet und denselben dann durch einfachen Umschalter geschlossen, so circulirt der Strom der Batterie *B* durch den Elektromagneten *E*, Anker *a* wird angezogen und dabei gegen die Contactschraube c_1 geworfen. Dadurch öffnet sich der Stromkreis bei *c*, Elektromagnet *E* verliert die anziehende Kraft, und die Federspannung führt den Anker *a* an den Ruhecontact *c* zurück. Da in dieser Lage aber der Stromkreis wieder geschlossen ist, so wiederholt sich das Spiel.

Fig. 153b.

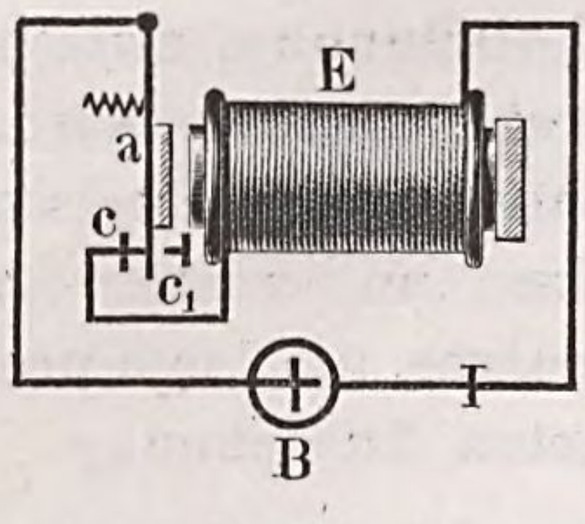
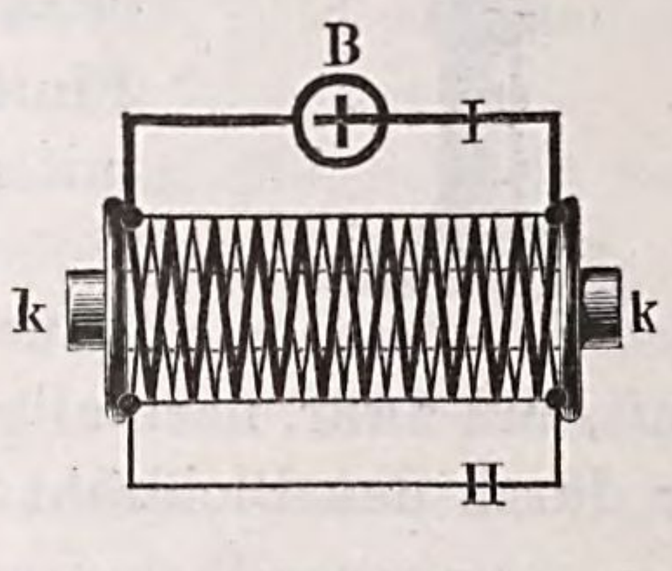


Fig. 153c.



Wird als Elektricitätsquelle für den primären Kreis I eine Wechselstrommaschine gewählt (§. 26 ff.), so bedarf es einer solchen Vorrichtung zur Selbstunterbrechung des Stromes nicht.

Die Stärke der Volta-Inductionsströme ist abhängig von der Stärke des Stromes im primären Kreise I, von der Schnelligkeit des Stromwechsels, von der Länge der beiden Kreise I und II und deren Entfernung untereinander. Je stärker der primäre Strom, je schneller die Unterbrechung desselben erfolgt, je länger beide Drähte und je näher dieselben zusammenliegen, desto kräftiger treten die Inductionsströme auf. Die Drähte beider Kreise werden zu Spiralen gebildet und auf einer Rolle über einander geschoben (Inductionsrolle, Fig. 153c), deren Wicklung im Bilde durch schwache und starke Linien auseinander gehalten ist. In der That wendet man schwache Drähte für die secundäre Spirale II und starke für die primäre Spirale I an, um den Widerstand derselben zu ermässigen resp. den primären Strom zu verstärken. Die freien Enden beider Spiralen werden, wie Fig. 153c zeigt, mit den freien, von einander ganz unabhängigen Drahtkreisen verbunden. Zur Verstärkung der Wirkung wird der innere freie Raum der Inductionsspiralen mit einem Kern *kk* aus Eisenstäbchen (Drahtstücke) gebildet, versehen. Der primäre Strom magnetisirt diesen Kern (gerader Elektro-

Leuchtkraft zwischen 1 bis 15 Gasflammen variiren, und es sollen bis 50 solcher Lampen in denselben Kreis eingeschaltet werden können. Selbstverständlich kann hier durch das Verlöschen einzelner Lampen der Betrieb der übrigen nicht gestört werden, weil das Licht innerhalb des in jeder Lampe völlig selbständigen Kreises gebildet wird.

Durch Anwendung von Condensatoren (S. 191), in Verbindung mit den Bürsten der als Elektricitätsquelle dienenden Lichtmaschine, (Wechselstrommaschine) soll sich die Zahl der Lampen im Kreise verdoppeln lassen, unter Verminderung der Lichtstärke um die Hälfte.

Wir wissen, dass die Bildung von Wechselströmen, in der Wechselstrommaschine, grössern Aufwand fordert als die Erzeugung continuirlicher Ströme, sowie dass das elektrische Licht nur in kräftigen Flammen und in dem Ersatz einer grössern Zahl von Gasflammen billiger als die Gasbeleuchtung ist. Wenn hiernach die Incandescenz-Beleuchtung, unter Anwendung von Wechselströmen, schon als doppelt unvortheilhaft bezeichnet werden muss, so bleibt für Jablochkoff's Lampe noch zu berücksichtigen, dass die Umwandlung von Elektricität, sei es der Wechselströme oder des continuirlichen Stromes, in Inductionsströme der Volta-Induction, stets mit weiterem wesentlichen Verlust an wirksamer Kraft verknüpft ist.

§. 85.

Incandescenz-Lampe von Edison.

Besserer Erfolg lässt sich von der Construction Edison erwarten. Die Figuren 154 und 154a (a. f. S.) zeigen zwei Formen derselben.

Der luftleere Glasballon *g g*, von etwa 6 cm Durchmesser, ist hermetisch verschlossen. Innerhalb desselben befindet sich die aus Kartenpapier [1]) hergestellte, zur Hufeisenform gebildete Kohle *k*,

---

magnet) und die fortwährende Aenderung des Magnetismus wirkt inducirend, in diesem Falle stromverstärkend, auf die secundäre Spirale II zurück.

[1]) Edison verwendete demnächst carbonisirte Baumwollenfäden, die er mit Lampenruss und Theer einrieb, woraus er der Kohle spiralförmige Gestalt gab. Er erzielte damit einen grossen Kohlenwiderstand, der auf verhältnissmässig kleiner Oberfläche das Licht ausstrahlte.

deren Enden an Platindrähte *d d* anschliessen, welche mit der Leitung *L L* in Verbindung stehen. Der Glasballon ist zu zwei Röhren *r r* ausgezogen, welche in Fig. 154a mit Quecksilber gefüllt sind, in Fig. 154 aber, zur Aufnahme desselben, zwei besonders angegossene Glasbehälter *b b* führen. Diese Füllung soll grössere

Fig. 154.

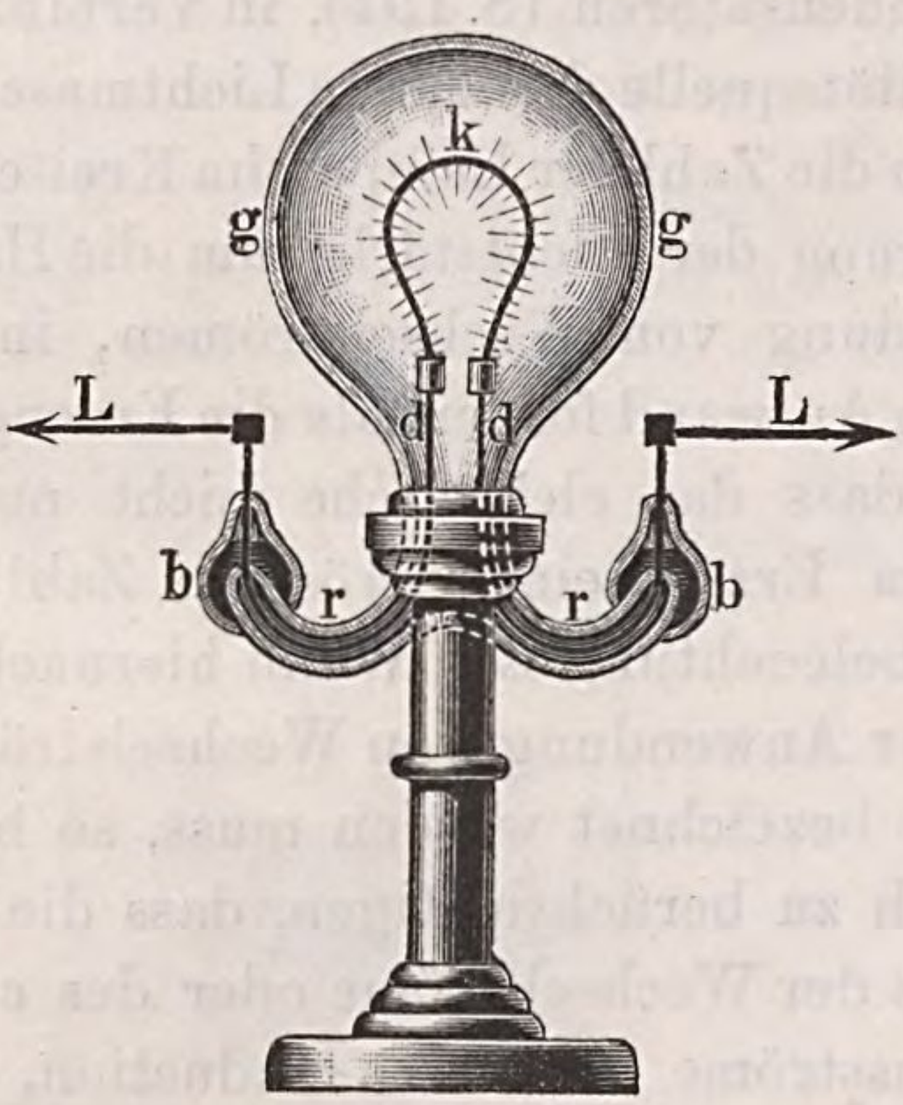


Fig. 154a.

Sicherheit zur Erhaltung des luftleeren Raumes bieten, namentlich verhindern, dass durch Ausdehnung und Zusammenziehung der eingeschmolzenen Platindrähte, in Folge wechselnder Temperaturen, etwa entstehende Oeffnungen zwischen dem Glaskörper und diesen Drähten den nothwendigen Grad der Luftleere beeinträchtigen.

Das in dieser Anordnung durch Glühen der Kohle erzeugte Licht brennt absolut ruhig, ist aber nicht weiss, sondern rothgelb, etwa wie das Gaslicht, und soll, durch 50 Bunsen'sche Elemente gebildet, in der Stromstärke von 1 Weber (S. 41) eine Stärke von 15 Normalkerzen besitzen; der Kohlenwiderstand[1]) wird zu 75 *S. E* angegeben.

Die Rechnung ergiebt, dass eine dynamo-elektrische Maschine, mit $1^2/_3$ Pferdekraft (engl.) getrieben, 12 solcher Lampen à 10 Nor-

---

[1]) Der Widerstand der Kohle soll während des Glühens derselben bei der Incandescenz-Beleuchtung circa 45 Proc. geringer sein, als im kalten Zustande.

malkerzen Lichtstärke in demselben Kreise unterhalten kann, was bei Anwendung selbst sehr guter Dampfmaschinen, nach dem Kohlenverbrauch, keinen Vortheil gegen die Gasbeleuchtung gleicher Intensität in Aussicht stellt.

Eine Erneuerung der Kohlen kann bei diesen Edison'schen Lampen selbstverständlich nicht stattfinden, würde auch bei absoluter Luftleere nicht erforderlich sein, da ein Verbrennen im luftleeren Raum nicht erfolgt. Dass ein Verdampfen der Kohle eintritt, wodurch sich die innere Fläche des Glasballons schwärzt, haben wir bereits hervorgehoben; indess ist es in neuerer Zeit gelungen, diesen Uebelstand durch entsprechende Behandlung der Kohle zu beseitigen. Wie lange sich die Luftleere erhält, welche Dauer also die übrigens sehr billige Lampe hat, ist für jede derselben, nach Maassgabe der Behandlung, verschieden.

Die Unterhaltung des Lichts im luftleeren Raum findet in manchen Fällen sehr vortheilhafte Verwendung, namentlich bei der Beleuchtung unter Wasser, bei sehr feuergefährlicher Umgebung und an solchen Stellen, an denen das Auftreten explodirender Gase zu fürchten ist[1]); für den gewöhnlichen Gebrauch hat die Methode aber auch insoweit Bedeutung, als der Kohlenverbrauch beschränkt wird, der bekanntlich den Kostenaufwand wesentlich steigern kann.

§. 86.

Incandescenz-Lampe von Werdermann.

Werdermann sucht den Kohlenverbrauch dadurch einzuschränken, dass er die negative Kohle aus einem 5 cm starken Kohlencylinder von 2,5 cm Höhe bildet, welcher horizontal in einem Kupferringe befestigt ist, während sich die positive Kohle, ein 3 mm starker, oben zugespitzter Stab, durch Einwirkung eines Gewichtes, in einem verticalen Kupferrohre von unten nach oben

---

[1]) Selbstverständlich bedarf es dazu besonderer Vorsicht für die Leitungsanlage (S. 127) und in Behandlung der zerbrechlichen Glasglocken, sowie besondern Schutzes gegen das Zerreissen des Leitungsdrahtes resp. die Unterbrechung des Stromkreises, welche stets unter Funkenerscheinung erfolgt.

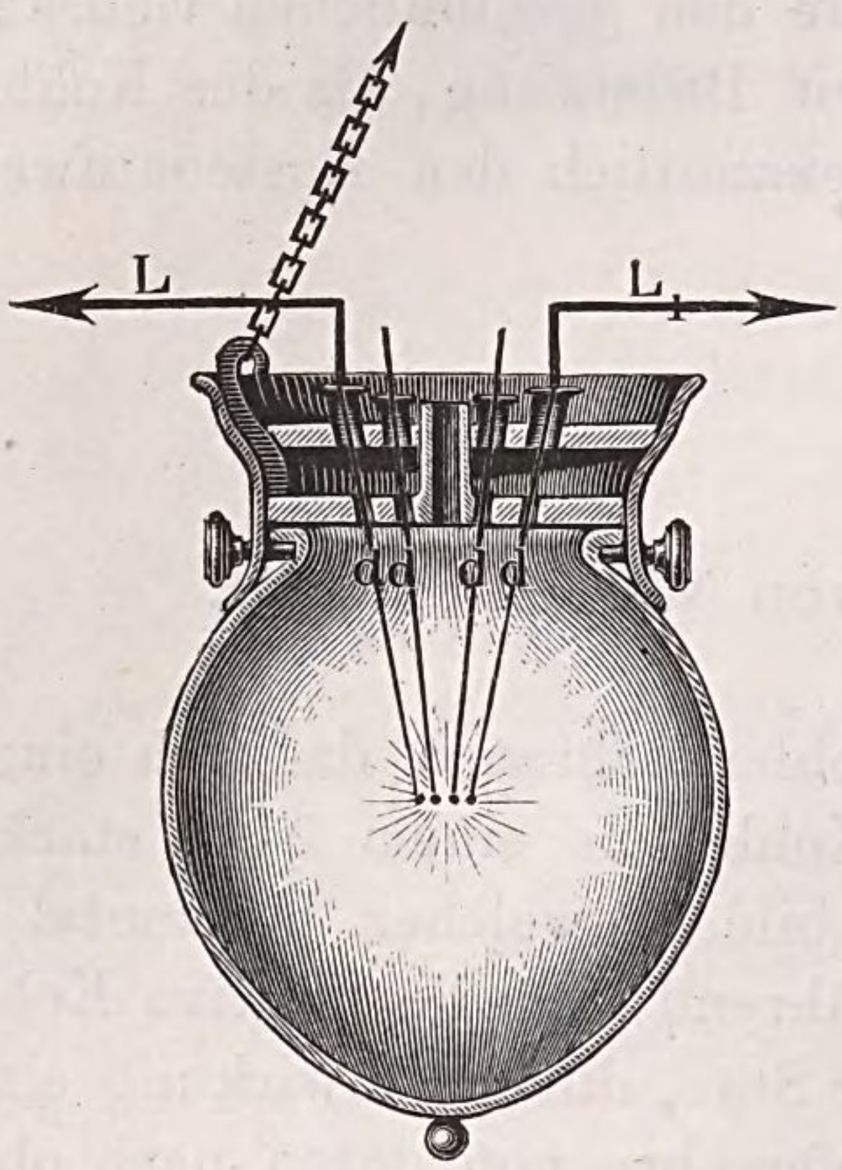
gegen die negative Kohle schiebt [1]). Beide Kohlen haben hierbei ihre Plätze gewechselt. Die untere, positive, ragt stets in einer Länge von 2 cm aus dem Kupferrohr hervor und glüht in diesem Theile. In dieser Anordnung soll die positive Kohle bedeutend stärker glühen und, statt kraterförmig auszubrennen, die kegelförmige Gestalt behalten. Jedenfalls darf angenommen werden, dass sich die stärkere negative Kohle hier weniger erhitzt, als in der Gegenüberstellung von Kohlenstäben gleicher Form.

§. 87.

Incandescenz-Lampe von Gordon.

Einer ganz eigenthümlichen Anordnung begegnen wir in J. Gordon's Construction (Fig. 155). Vier feine Drähte *d* aus schwer schmelzbaren Metallen (Platin, Iridium) enden in der Mitte einer Glasglocke in Knöpfchen mit sehr geringem Zwischenraum. Die beiden äussersten Drähte stehen mit den beiden Polen der Elektricitätsquelle in Verbindung. Beim Schluss des Kreises sollen die beiden mittlern Knöpfchen stark glühen, indem sich unter den beiden äussern ein Lichtbogen bildet. Vermuthlich handelt es sich hierbei nur um eine continuirliche Funkenbildung aus secundären Inductionsströmen resp. aus Extraströmen (S. 191) bei fortgesetzt eintretenden Unterbrechungen des Stromkreises, welche von Thomson und Houston (S. 313) in vollkommenerer Weise, bei sehr einfacher Einrichtung, ausgenutzt worden ist, dadurch, dass der Stromkreis, in dem Gegen-

Fig. 155.



[1]) Wie in der Construction Reynier (S. 93, Fig. 35), stehen hier die Kohlen in verticaler Richtung gegenüber und brennen im lufterfüllten Raum.

überstellen zweier Kohlenstäbe, in schnell wechselnder Folge an den Kohlenspitzen unterbrochen wird. Sofern eine schwache Beleuchtung gewünscht wird, würden beide Constructionen mit zu beachten sein, obgleich man kaum darüber zweifelhaft sein kann, dass letztere bei weitem im Vorzuge ist.

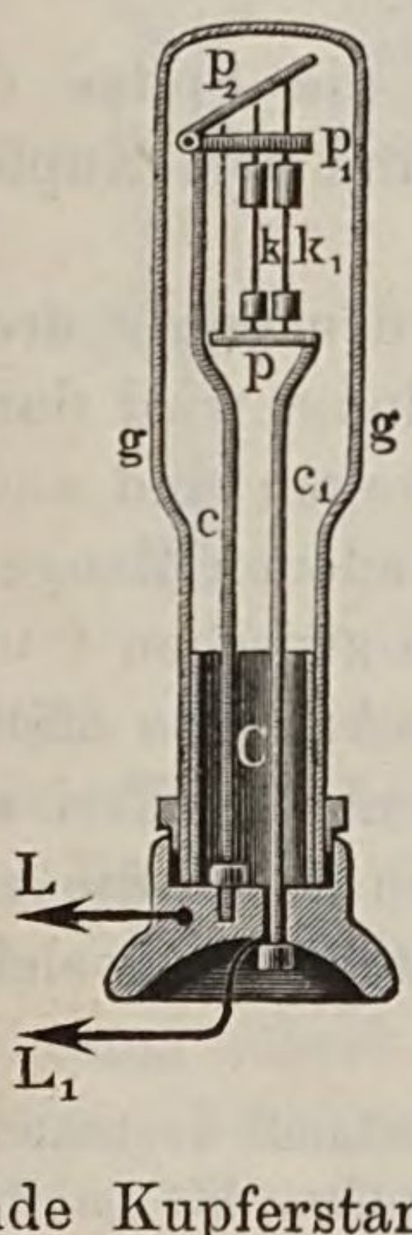
§. 88.

Incandescenz-Lampe von Konn.

Grössere Beachtung unter den verschiedenen Formen der Incandescenz-Lampen verdient die Construction Konn (Fig. 156).

Der Fuss dieser Lampe besteht aus Kupfer, mit welchem die Glasglocke $g\,g$, durch Stopfbüchsenverschluss und Kautschukeinlage, luftdicht verbunden ist. Im Fusse eingeschroben sind zwei Kupferstangen $c\,c_1$. Dieselben tragen zwei Kupferplatten $p\,p_1$, und eine dritte Platte p_2 ist mit c durch ein Charnier drehbar verbunden. Zwischen den Platten $p\,p_1$ befinden sich zwei oder mehrere Kohlenstäbchen $k\,k_1$, in Kupferhülsen eingeklemmt. Die obern Hülsen haben ungleich lange Ansätze, welche isolirt durch p_1 führen und darüber hinausragen, auf deren längstem Platte p_2 aufliegt, um eine leitende Verbindung zwischen c und c_1 zu bilden. Im Weitern sind die beiden Platten $p\,p_1$ durch einen Kupferstab verbunden, welcher in p_1 ebenfalls isolirt ist und weniger darüber hervorragt, als der kürzeste Ansatz der Hülsen.

Fig. 156.



Ein im Fusse der Lampe befindliches, nach aussen sich öffnendes Ventil dient zum Ansetzen der Luftpumpe, behufs Herstellung eines möglichst luftleeren Raumes. Die Leitung L schliesst direct an den Lampenfuss, L_1 an die isolirt durch denselben führende Kupferstange c_1 an. Der hier eintretende positive Strom fliesst über c_1, durch das Kohlenstäbchen k_1, über p_2, c, durch den Fuss in L ab. In Folge des Stromdurchgangs glüht das Kohlenstäbchen k_1, erst roth, dann weiss, und verbreitet in der Weiss-

gluth ein gleichmässiges stabiles Licht. Je weniger Luft im Raume, desto länger erhält sich die Kohle [1]); da aber der Sauerstoff nicht vollständig abzuschliessen ist, so wird der Querschnitt derselben immer kleiner, bis unter dem Druck der Platte p_2 ihr Zusammenbrechen erfolgt; letztere legt sich damit auf den Metallansatz der nächsten Kohle k, womit der Strom, zu gleicher Wirkung, durch dieselbe geleitet wird. So lässt sich durch Anwendung mehrerer Kohlenstäbchen die Brennzeit der Lampe verlängern. Sind sämmtliche Kohlen verbraucht, dann fällt p_2 auf den Ansatz des beide Platten $p\,p_1$ verbindenden Kupferstabes, so dass auch beim Verlöschen der Lampe der Stromkreis geschlossen bleibt, was die Einschaltung mehrerer Lampen in denselben ermöglicht.

Zum Schutz des Glases gegen die abfallenden glühenden Kohlentheilchen, ist der untere Raum der Lampe mit einem Cylinder C von Kupferblech ausgekleidet.

§. 89.

Incandescenz-Lampe von Joel.

In Joel's Construction (Fig. 157) glüht die Spitze des Kohlenstabes k zwischen seiner Einklemmung z und dem Kupfercylinder c.

Ein röhrenförmiger Kohlenhalter r steht mit dem um x drehbaren Anker a des Elektromagneten E in Verbindung, wird durch das in Rollenführung aufgehängte Gewicht g getragen und endet in einer mit dem cylindrischem Gehäuse C verbundenen Zange z, deren drehbare Backen, in der Gleichgewichtslage zwischen r und g, geschlossen sind, sich aber durch Bewegung des Ankers a öffnen. Die geschlossene Zange z klemmt den im Kohlenhalter frei abfallenden Kohlenstab fest und führt demselben den durch die Aufhängung $d\,d$ ein- und ausfliessenden elektrischen Strom zu, welcher

---

[1]) Der erste Kohlenstab wird in der Regel sehr schnell verbraucht, während die übrigen, nach Absorbirung des Sauerstoffes, bis zu zwei Stunden Brennzeit haben. Das Licht ist mild und, bei Anwendung mittlerer Lichtmaschinen, etwa 100 bis 150 Normalkerzen stark, lässt sich aber bis 500 Normalkerzen steigern, selbstverständlich bei entsprechend stärkerm Kohlenverbrauche.

durch die Spitze der Kohle, über den Kupfercylinder *c* wieder austritt, also nur sehr geringen Widerstand in der Lampe findet. Die Windungen des Elektromagneten *E* liegen in einem Zweige der Hauptleitung. Durch das Verbrennen der festgeklemmten Kohlenspitze geht das Glühlicht in einen Lichtbogen über; sobald sich derselbe aber bildet, bewirkt die dadurch eintretende Vergrösserung des Widerstandes im Hauptkreise, eine Stromverstärkung in der Zweigleitung, womit der Anker *a* des Elektromagneten *E* und der mit ihm verbundene Kohlenhalter *r* in Bewegung gesetzt, die drehbaren Backen der Zange *z* öffnet, so dass der Kohlenstab *k* frei abfallen kann. Durch das Verschwinden des Lichtbogens resp. den Wiedereintritt des Glühlichtes, geht der Anker *a* in seine Ruhelage zurück, womit die Kohle wieder eingeklemmt wird.

Fig. 157.

Der Kohlenstab ist 5 mm stark und 0,75 m lang; derselbe tritt aus der Zange *z* etwa 19 mm heraus, soll aber nur in der Nähe des Kupfercylinders *c* stark glühen und sich, bei einer Lichtstärke von 100 Normalkerzen, circa 75 mm pro Stunde abnutzen.

Wenn der Kohlenstab vollständig verbraucht ist, wird durch eine mit demselben am obern Ende verbundene kleine Metallbelastung, ein am untern Theil des Kohlenhalters *r* befindlicher Winkelhebel gedrückt, der dabei mit einem seitlichen Ansatz des Kupfercylinders *c* in Contact tritt und so den Stromkreis kurz schliesst. Diese Einrichtung sichert die Verwendung mehrerer Lampen in demselben Kreise. Bei einem Versuch mit 10 Lampen, im Betriebe mit einer mittlern Gramme'schen Maschine, sollen sich sehr befriedigende Resultate ergeben haben.

Das Aufhängeseil *dd* ist über Rollen geführt, welche das Herabziehen der an der Zimmerdecke angebrachten, mit Glaskugel

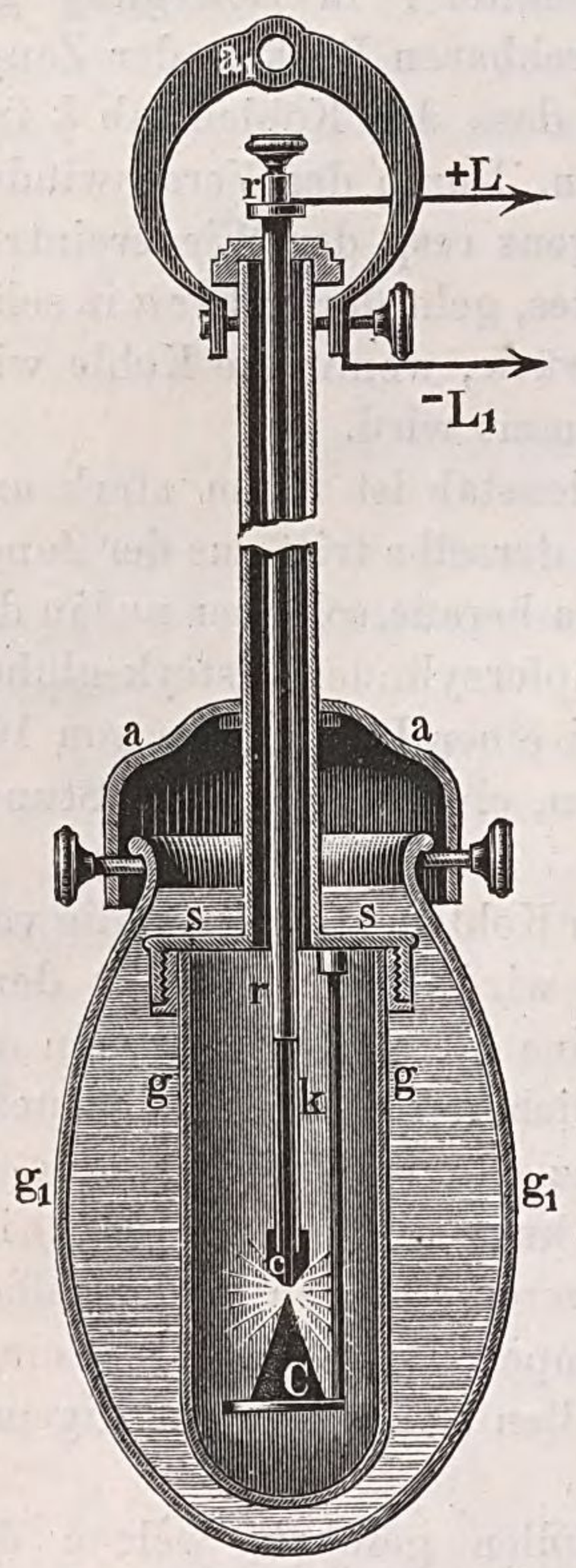
versehenen Lampe gestatten, wenn die Kohlen erneuert werden müssen, wozu das Gehäuse *C* mit Thürverschluss versehen ist.

§. 90.

Incandescenz-Lampe von Brougham.

Eine besondere Art des Luftabschlusses zeigt die Construction Brougham (Fig. 158). *g g* ist ein durch Stopfbüchse wasserdicht verschlossener Cylinder aus starkem Glase. Die Stopfbüchse *s s* setzt sich als Metallrohr nach oben fort, welches, mit isolirender Masse ausgekleidet, ein engeres Metallrohr *r* fest verbindet, in dessen innern, oben fest verschlossenen Raum ein 2 mm starkes, etwas belastetes Kohlenstäbchen *k* durch eine leichte Platinklemme *c* auf die Spitze eines pyramidalen Kupferblocks *C* frei abfallen kann. Der Glascylinder *g g* ist überall von der Wasserfüllung einer grössern Glasglocke $g_1 g_1$ umgeben, welche mit ihrem, die Verdunstung der Füllung verzögernden Deckel *a a* an einem Ansatz des Stopfbüchsenrohrs hängt. Der bei *L* eintretende positive Strom führt über *r*, durch das Kohlenstäbchen, über *C*, dessen Träger und das Stopfbüchsenrohr nach L_1 zur Elektricitätsquelle zurück. Die Kohlenspitze glüht und bildet das Licht. In Folge der Trägheit des Falles der Kohle wechseln kleine Lichtbögen mit dem reinen Glühlicht, was eine intensivere Beleuchtung giebt.

Fig. 158.



Nach dem Verbrauch des Sauerstoffs der im Glascylinder enthalte-

nen Luft, d. i. nach etwa einer Stunde Brennzeit, soll sich das Kohlenstäbchen nur etwa 3 mm pro Stunde abnutzen, dessen Gesammtbrennzeit zu 120 Stunden angegeben wird.

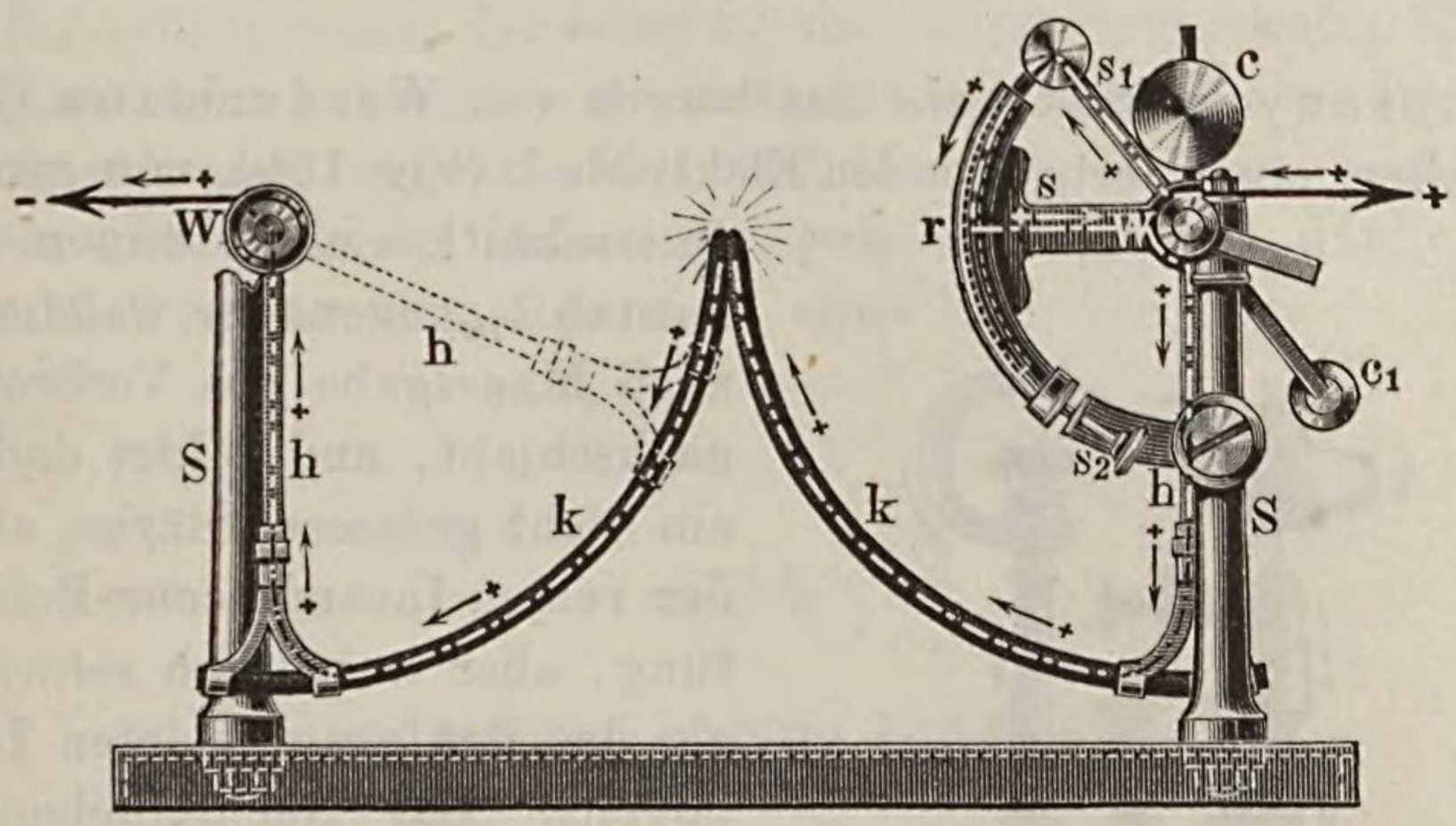
In einem Kreise von 36 Lampen soll, im Betriebe durch eine kleine Gramme'sche dynamo-elektrische Maschine, eine Lichtstärke von 35 Normalkerzen pro Lampe erzielt sein.

§. 91.

Incandescenz-Lampe von Mandon.

Mandon bringt, zur Bildung des Glühlichts, zwei kreisförmig gebogene Kohlenstäbe *kk* (Fig. 159) in Contact und sorgt durch balancirtes System dafür, dass sich dieser Contact, an welchem das

Fig. 159.



Licht erscheint, gleichmässig und dauernd an demselben Punkte erhält.

Die von den Säulchen *SS* getragene Regulirvorrichtung hat für beide Kohlen gleiche Construction und besteht aus dem mit Schiene *s* verbundenen Metallrohr *r*, einer in Spitzen gelagerten Welle *W*, welche den Kohlenhalter *h*, die verstellbaren Contregewichte *c* und c_1 und eine Schiene s_1 mit kreisförmig gebogenem Schwimmer trägt. Letzterer taucht in die Quecksilberfüllung des durch Schraube s_2, im isolirten Boden, verstellbaren Rohres *r* und hält, unter Mitwirkung der Contregewichte, dem Kohlenhalter mit eingespannter Kohle das Gleichgewicht.

Die Leitung schliesst an Klemmschrauben der Säulchen *S S*, und der Strom führt von hier durch Schiene s_1, den Schwimmer, das Quecksilber, die Wand des Rohrs *r*, über Schiene *s* an den Kohlenhalter *h*, durch die Kohlen *k k* und, in umgekehrter Richtung, durch die gleiche Verbindung des zweiten Säulchens *S*.

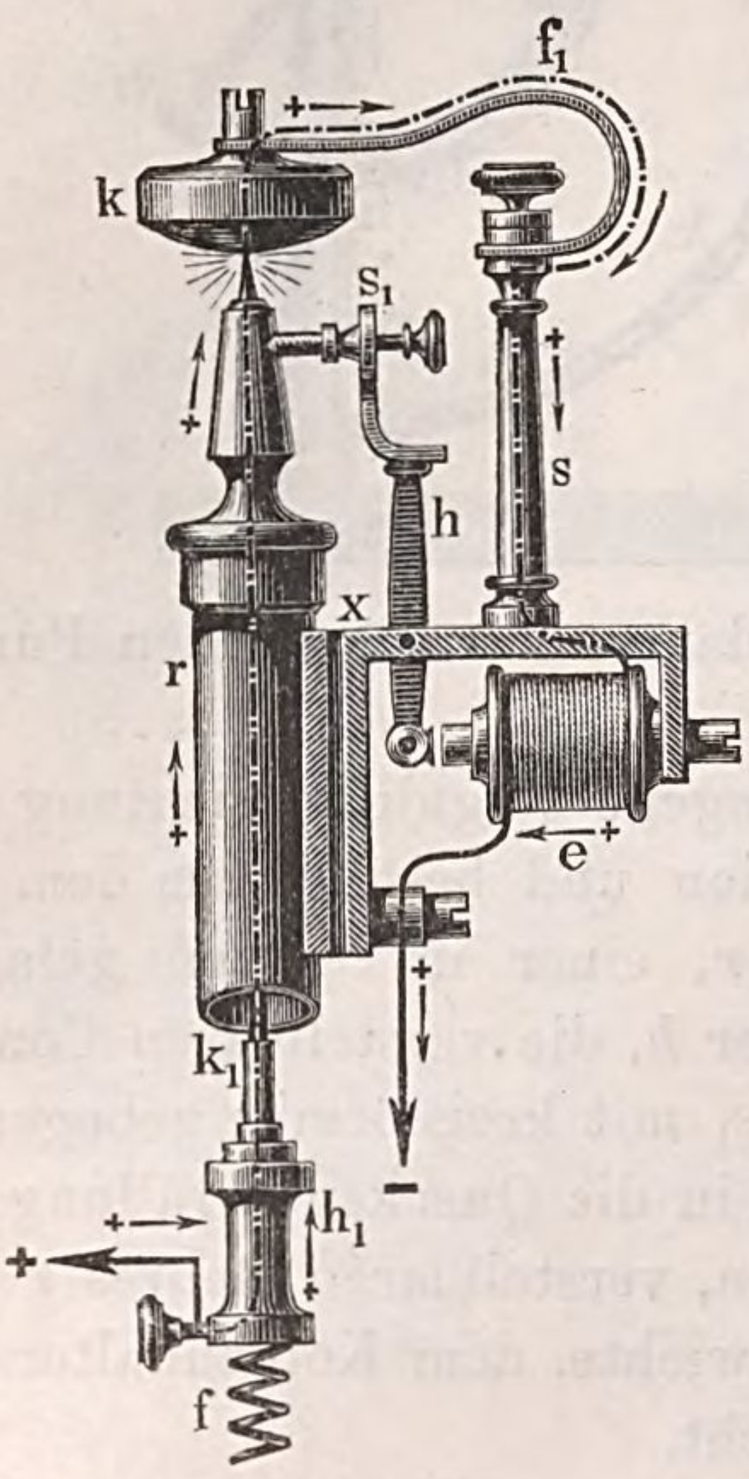
Der Gewichtabnahme der Kohlen, durch den Verbrauch, folgen die Schwimmer, indem sich dieselben im Quecksilber heben, womit sich der Contact unter den glühenden Kohlenspitzen gleichmässig, stetig, bis zur vollständigen Verbrennung der Kohlenstäbe, in nahe wagerechter Lage ihrer Halter *h*, erhält.

§. 92.

Incandescenz-Lampe von Lescuyer.

Lescuyer stellt, wie dies bereits von Werdermann (§. 86) geschehen, einer feststehenden Elektrode *k* (Fig. 160), von grossem Querschnitt, einen dünnen Kohlenstab k_1 gegenüber, welchen er, nach Maassgabe des Verbrauchs, nachschiebt, und bildet dadurch ein Licht grösserer Stärke, als bei der reinen Incandescenz-Beleuchtung, aber wesentlich schwächer als das des ausgebildeten Lichtbogens. Das Nachschieben des Kohlenstabes erfolgt entweder, wie in unserm Bilde, durch die Wirkung der Spiralfeder *f* oder durch Luftcompression, oder, bei der Lage des Kohlenstabes k_1 über der feststehenden Elektrode *k*, durch sein eigenes Gewicht. Letztere besteht in der Regel aus Lichtkohle, welche von kupfernem Ringe umgeben ist, der mittelst starker Feder f_1 an das

Fig. 160.



Säulchen s anschliesst, während sich der Kohlenstab k_1 innerhalb eines Rohrs r bewegt. Dasselbe hat oben eine der Stärke des Kohlenstabes entsprechende Oeffnung, welcher durch eine Stellschraube s_1, im engen Theile des Rohres festgepresst werden kann. Diese Stellschraube bildet das Ende des um x drehbaren Ankerhebels und folgt der anziehenden Wirkung des im Elektromagnet e circulirenden Stromes, welcher durch den Halter h_1 in den Kohlenstab eintritt, demnächst durch die obere Elektrode über deren Feder f_1, das Säulchen s, durch die Elektromagnetwindungen nach dem negativen Pol der Elektricitätsquelle event. zunächst, in gleicher Richtung, durch die in den Schliessungskreis sonst noch eingeschalteten Lampen führt. Der durch Berührung beider Kohlen entstehende starke Strom presst den Kohlenstab und hemmt dessen Bewegung, welche bei Lüftung der Ankerhebelschraube s_1, durch Schwächung des Stromes, in Folge der Bildung des Lichtbogens, sogleich wieder eintritt.

Im Uebrigen hat Lescuyer die Regulirung, unter Mitwirkung des elektrischen Stromes, verschieden, überall aber in gleich einfacher Weise, angeordnet. Nachdem die kleinern Lichter in neuerer Zeit grössere Bedeutung gewonnen haben, dürfte auch dieses einfache Arrangement nicht ohne Interesse sein.

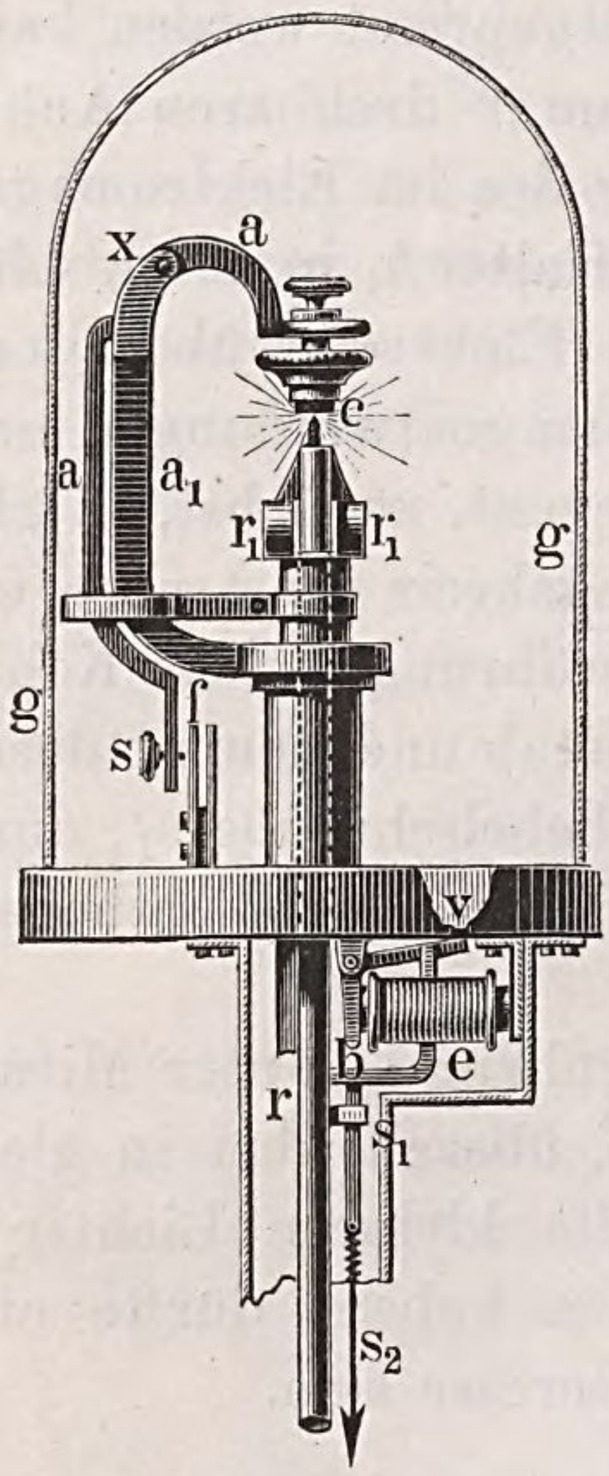
§. 93.

Incandescenz-Lampe von Easton.

Easton benutzt in seiner Lampe (Fig. 161, a. f. S.) eine im Rohr r verschiebbare Kohle und bildet die obere Elektrode aus einem, am Arm a verstellbar befestigten Kupferstück c. Dieser Arm ist um den Punkt x des Armes a_1 drehbar und endet in einer Contactschraube s. Das die Kohle umschliessende Rohr r ist mit einem Längsschlitz versehen, in welchen der Stift eines Schiebers s_1 eingreift, der an endloser, über zwei Rollen r_1 geleiteter Schnur s_2 durch Gewichtwirkung gehoben wird und die Kohle stetig gegen das Kupferstück c drückt. Hier bildet sich beim Durchgange des elektrischen Stromes das Licht; unter dem auf den Kohlenstab wirkenden Druck wird aber auch der drehbare Arm a gehoben,

bis seine Contactschraube *s* mit der Feder *f* Contact bildet, wodurch eine Bremse *b* in Wirksamkeit tritt, welche Schnur und Gewicht festhält. Mit dem Verbrauch des Kohlenstabes geht Arm *a* wieder zurück, und sobald dadurch der Contact *s*/*f* unterbrochen, also der Angriff der Bremse aufgehoben, beginnt auch die Bewegung der Kohle wieder. Eine Glasglocke *g* schützt das Licht gegen störenden Einfluss der Luft, welche nur durch ein Ventil *v* zuströmt, dessen Oeffnung dem Anker eines kleinen Elektromagneten *e* zufällt. Es lässt sich annehmen, dass die Windungen desselben in einem Zweige des durch den Kohlenstab führenden Hauptstromes liegen und dem vom Contact *s*/*f* abhängigen Zweigstrome, in der Ankerbewegung, nicht nur die Thätigkeit des Ventils *v* zu unterhalten, sondern auch die Bewegung der Bremse *b* zufällt.

Fig. 161.



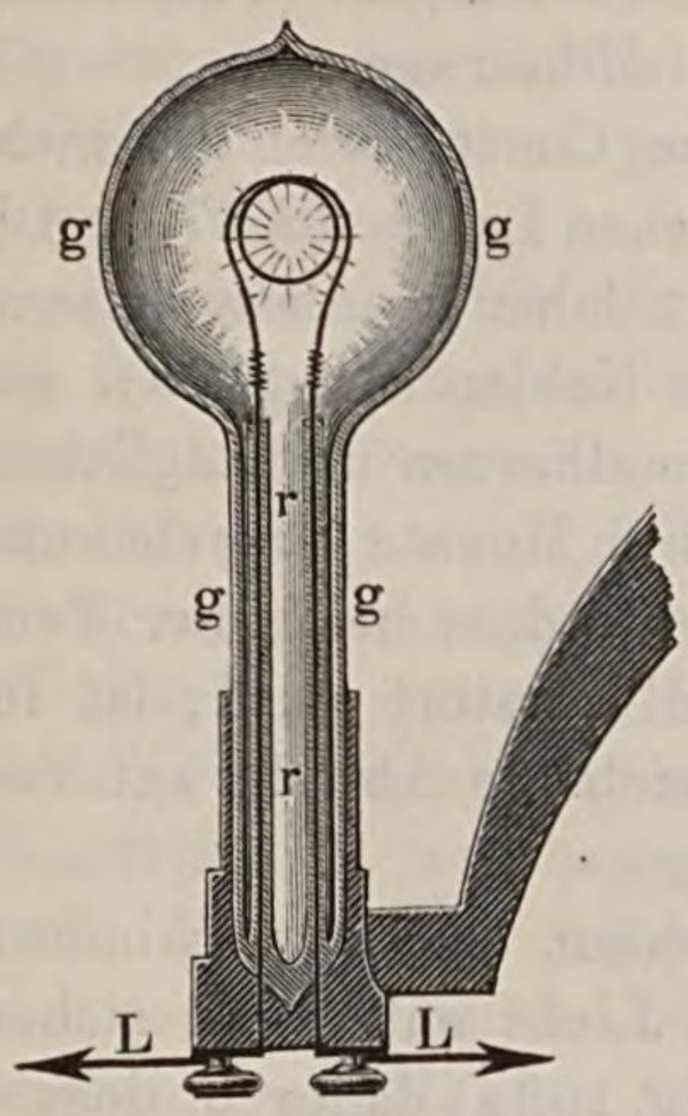
§. 94.

Incandescenz-Lampe von Swan.

Grosse Aehnlichkeit mit der Lampe von Edison hat die Construction Swan (Fig. 162). Innerhalb des Glases *g g*, mit demselben verschmolzen, befinden sich zwei Glasstäbe *r r*, welche in ihrer ganzen Länge zwei Platindrähte luftdicht umschliessen. Dieselben sind ausserhalb mit der Leitung *L L* verbunden und im Innern der Glaskugel an die galvanisch metallisirten Enden eines kreisförmig ausgebogenen Kohlenfadens geführt. Dieser Kohlenfaden hat eine Stärke von nur 0,25 mm, ist so hart und elastisch wie Stahl und soll sich mit dem Gebrauch conserviren; es ist eine vegetabilische, mit Säure behandelte und dann gebrannte Faser. Das Vakuum der Glaskugel soll so hoch liegen, dass

es die Elektricität nicht mehr leitet. Die Herstellung desselben und der Kohle [1]) sind zum Theil Fabrikgeheimniss. Durch besondere Behandlung der Kohle ist auch das Verdampfen derselben und damit die Schwärzung des Glases vermieden. Erfinder hat seine Lampe Ende November 1880 in der Society of Telegraph Engineers, zur grössten Befriedigung der sehr zahlreich anwesenden Mitglieder, in Betrieb gesetzt. Es brannten 36 Lampen im Kreise, je drei in grösserer Glasglocke vereinigt, angeblich mit 20 Normalkerzen Lichtstärke pro Lampe, also mit einem Gesammtlicht von 720 Normalkerzen, welches durch eine dynamo-elektrische Maschine mit vier Pferdekräften erzeugt wurde. Dass mit diesen Lampen voller Ersatz auch für die in Salons brennen-

Fig. 162.



[1]) Die Bereitung der Kohle ist Swan in neuerer Zeit innerhalb des Deutschen Reichs patentirt. Danach verwendet er Baumwollengarn, (Brotchet Thread), welches er mit 2 Thln. englischer Schwefelsäure in 1 Thl. Wasser behandelt und dann carbonisirt. Zur Verbindung mit den Platindrähten legt er die Enden des zu bildenden Kohlenbügels mit den Drahtenden zusammen, bewickelt dieselben mit Baumwollengarn, wendet dann die Säure an und glüht das Ganze in dieser Verbindung. Immer mehr häufen sich die Versuche zur Herstellung geeigneter Kohlenstreifchen zum Gebrauch im luftleeren Raum, deren Beschaffenheit allerdings sehr wesentlich für den Erfolg ist, ebenso wie die Erzeugung und Unterhaltung des Vakuums. Auch hat man in neuerer Zeit versucht, mehrere Kohlenstreifchen in der luftleeren Glasglocke anzubringen, derart, dass dieselben unabhängig von einander durch einfache Drehung nach Bedarf in den Stromkreis eingeschaltet werden können.

Beachtenswerth scheint ein Verfahren Reynier's, bei welchem die Kohlenstäbchen nicht aus einem Stück bestehen, sondern durch loses Aneinanderfügen mehrerer kleiner Kohlenstücke gebildet werden, welche der Druck einer Schraube in einem Rähmchen zusammenhält, der in einen durch Stopfbüchsenverschluss gesicherten luftleeren Glascylinder hineinragt. Dadurch vergrössert sich der Widerstand in den Berührungspunkten zwischen den Kohlenstückchen, womit bekanntlich die Lichtentwickelung gefördert wird (§. 3).

den Kronen geboten werden kann, haben die Installationen auf der vorjährigen Pariser Ausstellung gezeigt.

Nach Swan's Angabe soll der Strom von 1 Weber Stärke eine Lichtstärke von 60 Normalkerzen liefern und der Widerstand einer Lampe dieser Leistung, etwa 100 *S. E* betragen.

Das Einsetzen neuer Kohlen in diese Construction ist nicht ausführbar, ebenso wie bei der Edison'schen Lampe (S. 370). Die praktische Verwendbarkeit derselben hängt daher ebenfalls wesentlich von ihrer Dauer resp. der Dauer der Kohlen ab. Swan will seine Lampe bei Lichtstärken von 30 Normalkerzen und täglichem Gebrauch, während der Abendstunden, zwei Monate lang benutzt haben. Die Beobachtung aus neuerer Zeit, dass bei hoher Temperatur (2200° C.) auch die Kohle schnell zerstört wird, ist für die weitere Ausbildung störend, sofern sich die Absicht auf Verstärkung der Lichter richtet.

Um Kohlenminen gefahrlos zu beleuchten, also zu verhindern, dass sich das Grubengas am elektrischen Licht entzünde, sichert Crompton die Swan'sche Lampe *l* (Fig. 162a) dadurch, dass er

Fig. 162a.

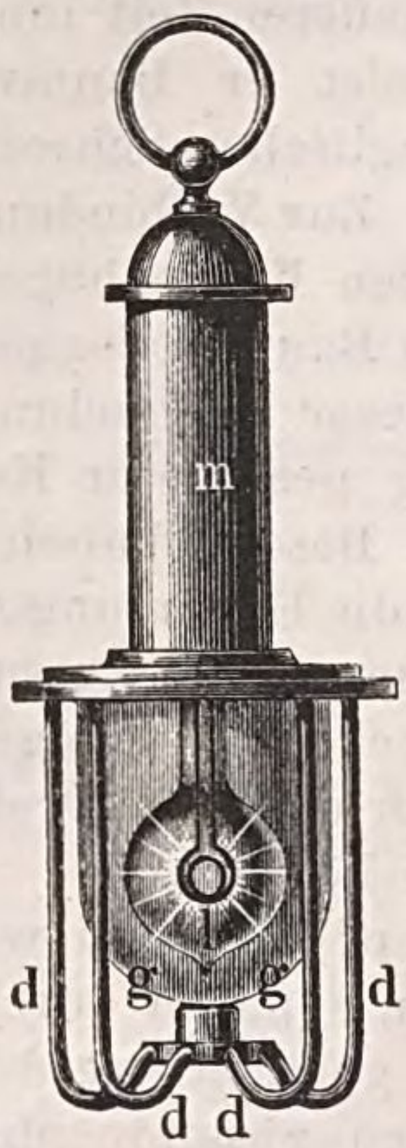
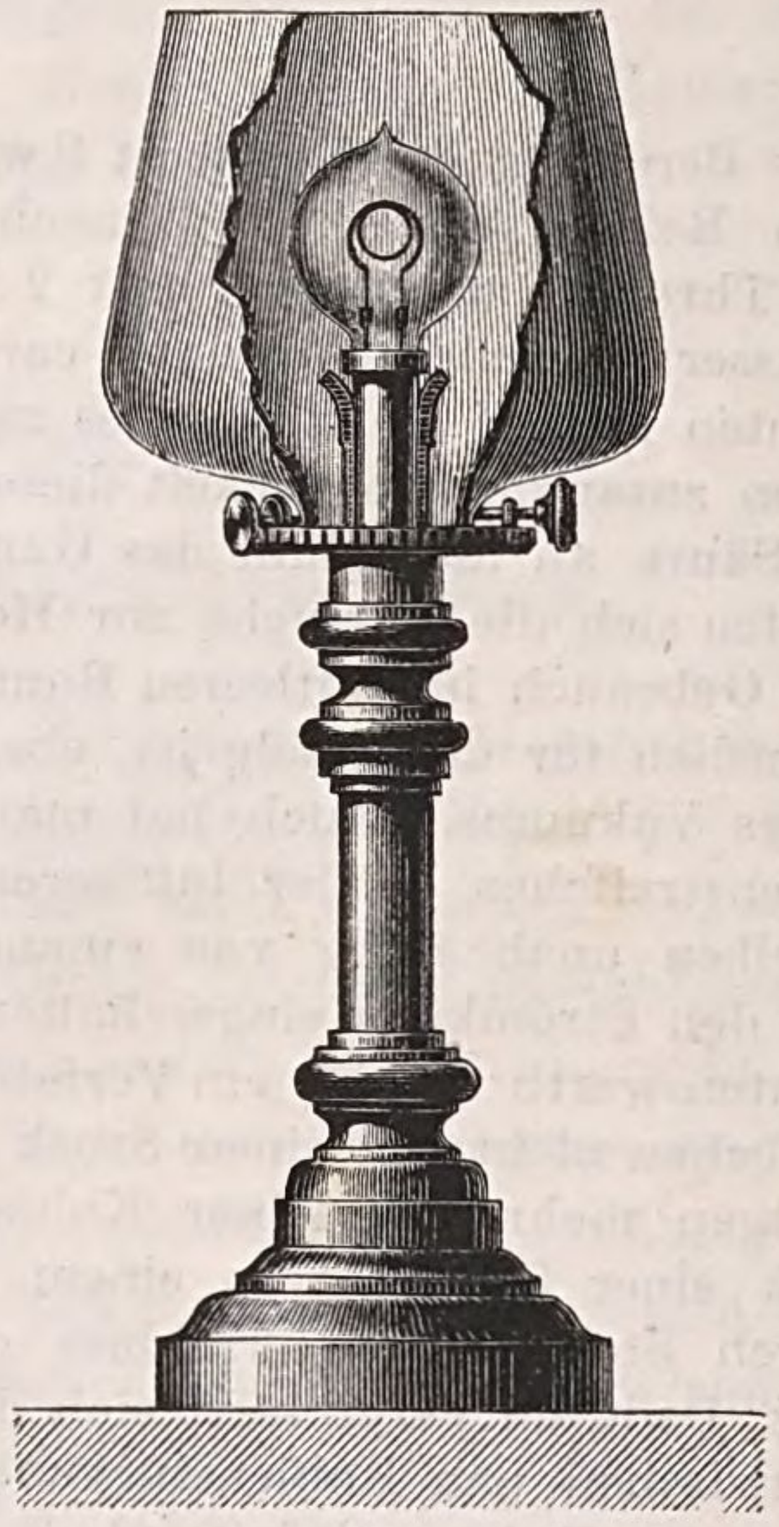


Fig. 162b.



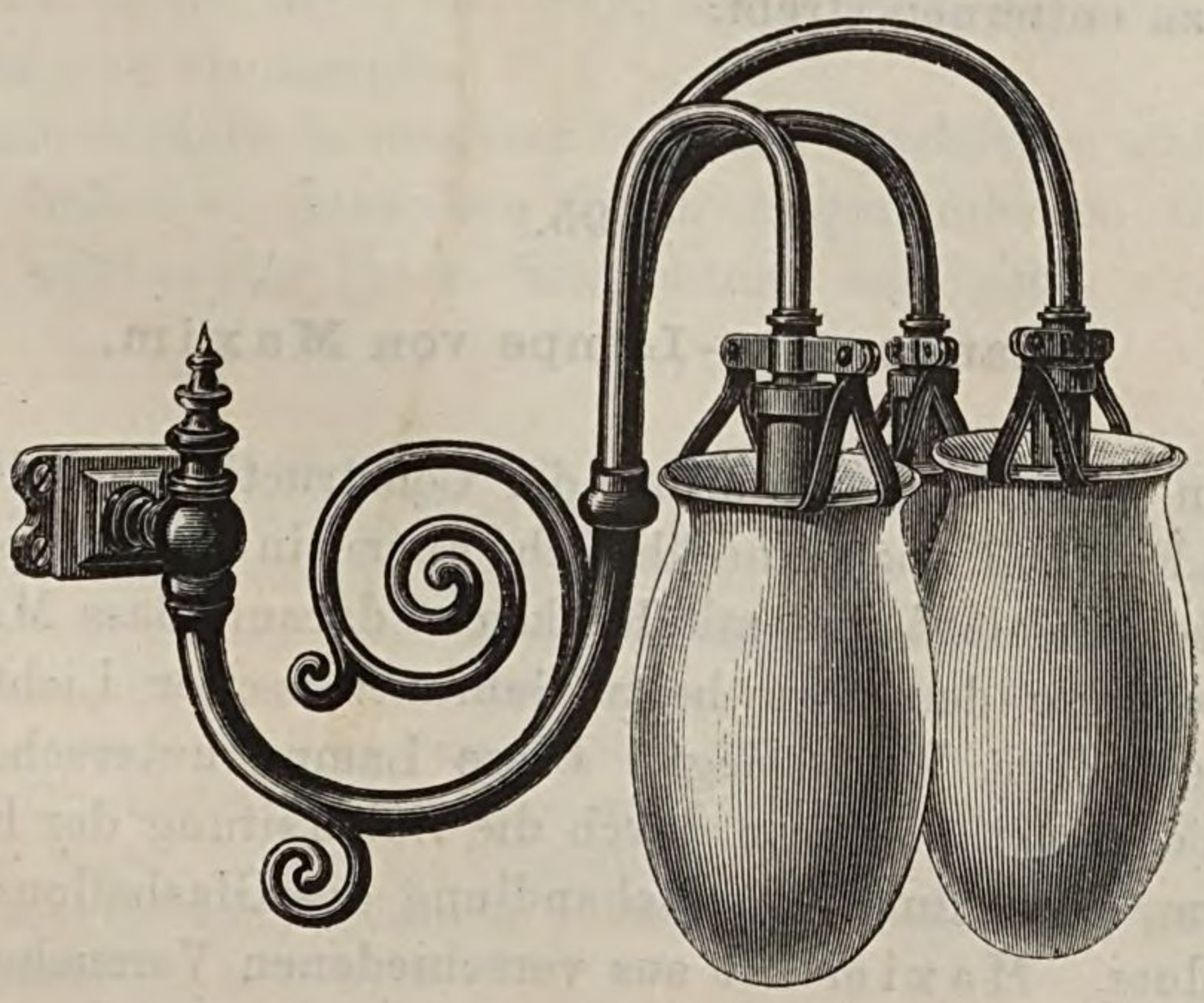
dieselbe in eine zweite Glocke *g* aus starkem Glase vollkommen einschliesst, welche von vier Schutzdrähten *d* umgeben ist. Der obere Theil der Swan'schen Lampe ist innerhalb des cylinderischen Messinggehäuses *m* befestigt. Letzteres ist nach unten mit einem Messingring zur Aufnahme der Glocke *g* verbunden und oben durch ein Holzfutter geschlossen, in welches der Aufhängering eingeschraubt ist.

Jamieson bedeckt die Swan'sche Lampe *l* ausserdem noch mit Drahtgaze und sichert den Anschluss an die Leitung durch besondere, grössere Contactflächen innerhalb des verschlossenen Schutzraumes; während Edison seine Lampe, zu gleichem Zwecke, in ein mit Wasser gefülltes Glasgefäss einschliesst.

Für den gewöhnlichen häuslichen Gebrauch hat Swan die Form (Fig. 162b) mit rundem oder eckigem Fuss gewählt. Der Glaskörper ist von besonderer Glasglocke umschlossen und wird durch Druckfedern mit dem Lampengestell resp. der durch den Fuss desselben geführten Zuleitung verbunden, so dass das Auswechseln mangelhafter Stücke leicht erfolgen kann, während eine einfache, durch das Gestell führende Kurbel, den elektrischen Strom herzustellen und zu unterbrechen gestattet.

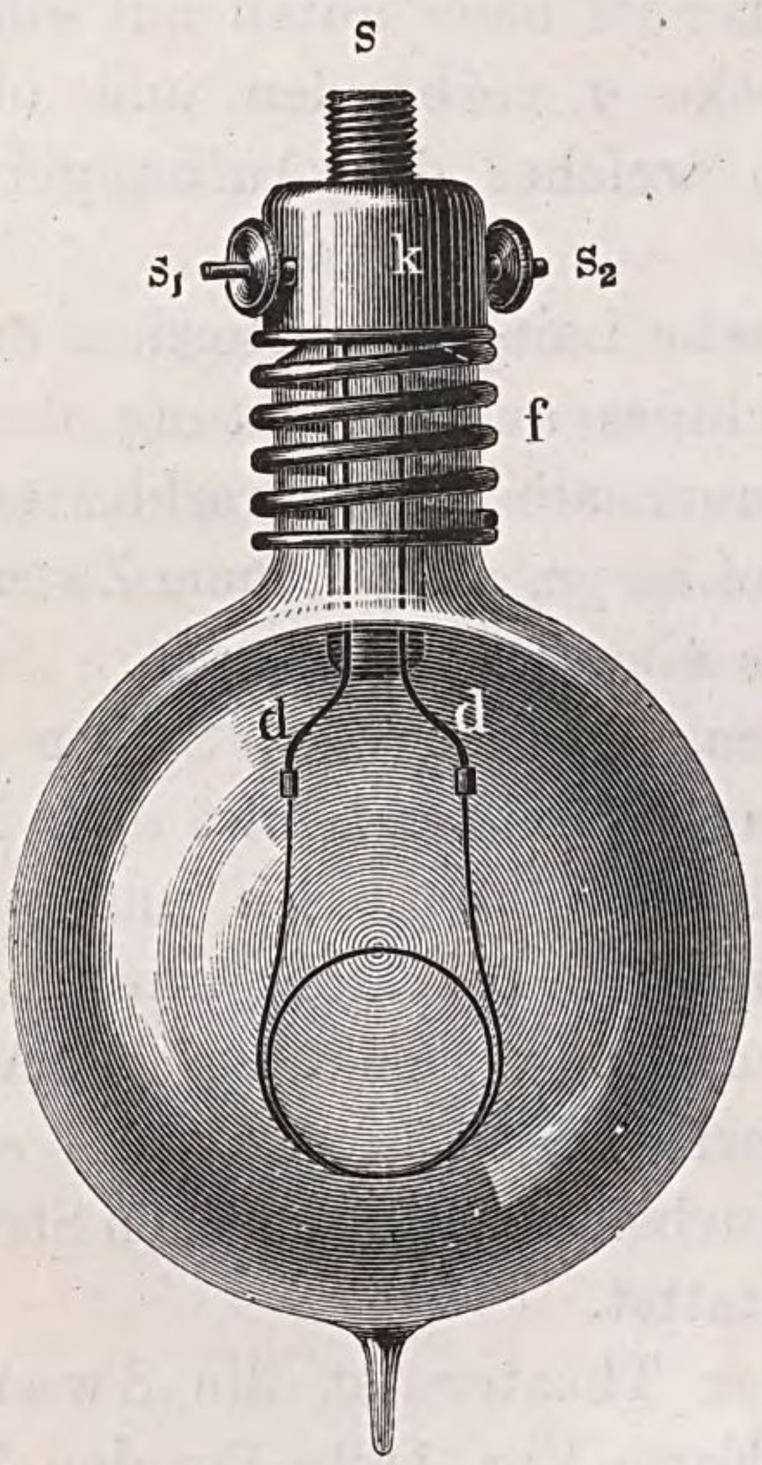
Zur elektrischen Beleuchtung der Theater ist die Swan'sche Lampe zu Gruppen à drei, der Form Fig. 162c für den Zuschauerraum, in der Befestigung an den Säulen und Gallerien zur

Fig. 162c.



Verwendung gekommen, während an andern geeigneten Stellen die in Fig. 162d dargestellte sehr einfache, neue Form dieser Lampe benutzt wird, welche mit Leichtigkeit sowohl mit den Armen der Fig. 162c wie auch mit gewöhnlichen Gasarmen, vermittelst der Schraube *s*, verbunden werden kann.

Fig. 162d.



Die eigentliche Lampe ist in der erstern Form durch matte oder Opal-Glasglocken verdeckt, welche ein weiches und angenehmes Licht verbreiten. In Fig. 162d enden die mit dem Kohlenbügel verbundenen beiden Platindrähte *d d*, ausserhalb des Glaskörpers, in kleinen Oesen. Dieselben werden in kleine Platinhaken eingehängt, welche innerhalb der Ebonitkapsel *k* mit zwei Schrauben s_1 s_2 (Anschluss der äussern Leitung) leitend verbunden sind, wobei der erforderliche innige Contact durch eine Spiralfeder *f* unterhalten wird, deren Druck den Glaskörper und die Ebonitkapsel *k* von einander zu entfernen strebt.

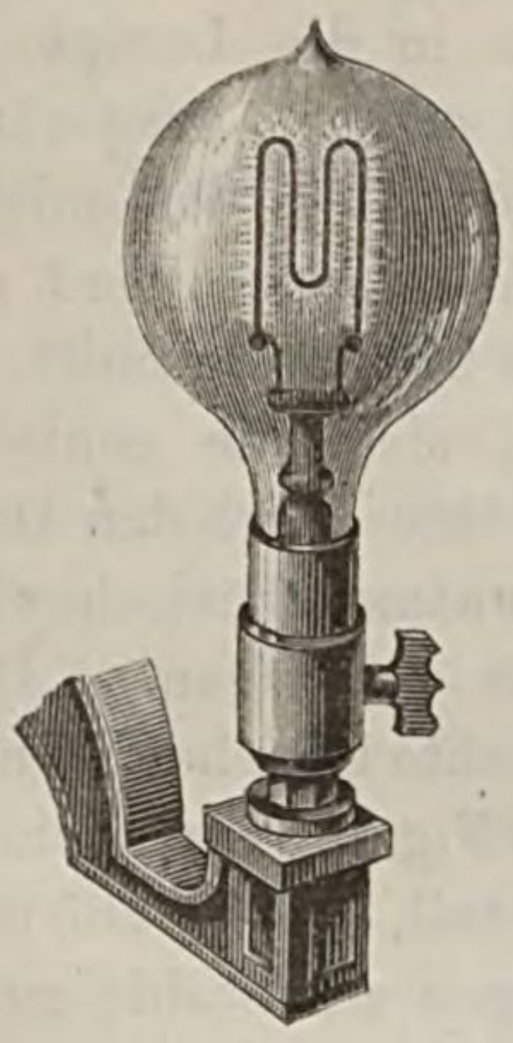
§. 95.

Incandescenz-Lampe von Maxim.

Wenn wir nach Betrachtung der Constructionen Edison und Swan, in Fig. 163 noch eine ähnliche Form, in der Lampe Maxim bringen, so geschieht dies mit Rücksicht darauf, dass Maxim auf die Verwendung derselben beim Gebrauch seiner Lichtmaschine (§. 43) besondern Werth legt. Diese Lampe unterscheidet sich von der Construction Swan durch die Zubereitung der Kohle und deren Form, sowie durch die Behandlung des Glasballons und den Luftabschluss. Maxim hat aus verschiedenen Versuchen die für

seine Kohle gewählte Form als die geeignetste zur Lichtausgabe ermittelt; und er lässt das Licht nicht im luftleeren Raum brennen, sondern in einer nach fast völliger Evacuirung des Glasballons erfolgenden Füllung mit Kohlenwasserstoffgas [1]) äusserster Verdünnung, in welcher sich die Kohle dauerhafter erweisen soll, deren Widerstand im kalten Zustande zu 20 *S. E* angegeben wird. Ein an der Lampe befindlicher kleiner Hahn [2]) verbindet, in bestimmter Lage, die an die Kohlenenden geführten beiden Zuleitungsdrähte aus Platin direct, so dass durch Drehen desselben das Licht jederzeit verlöscht und wieder hergestellt werden kann, während durch anderweites Arrangement dafür gesorgt ist, dass die sonst im Kreise brennenden Lampen dadurch nicht gestört werden (S. 326).

Fig. 163.



Mit dem System Maxim glaubte man der Incandescenz-Beleuchtung grössere Ausdehnung verschaffen zu können.

Im Uebrigen ist Maxim zu der Ueberzeugung gelangt, dass es zu diesem Ende nöthig sei, die Herstellung der Incandescenz-Lampe mehr zu vereinfachen und den Glaskörper besser auszunutzen, als bisher der Fall, resp. die Kosten der Incandescenz-Beleuchtung zu ermässigen.

Er hat deshalb in neuester Zeit dem Glaskörper andere Form gegeben, indem er denselben durch eingeschliffenen Glasstöpsel schliesst, welcher die innere Einrichtung aufnimmt, wodurch die

---

[1]) Absicht dabei scheint zu sein, die glühende Kohle durch die bei hoher Temperatur aus dem Gase sich abscheidenden Kohlentheilchen zu regeneriren. Diese Kohlentheilchen setzen sich aber auch auf den Glaswänden ab und trüben dieselben schon nach kurzem Gebrauch, aus welchem Grunde die Maxim'schen Lampen auf der Pariser Ausstellung zeitweise ausser Betrieb gesetzt werden mussten.

[2]) Der Glasballon ist mit Gyps im Halter befestigt, und der bessern Abdichtung wegen führen die Platindrähte, vom Austritt aus dem Ballon ab, durch eingegossene elastische Isolationsmasse (Gummi, Wachs, Schellak, Copalharz).

Möglichkeit geboten, einzelne Theile der Lampe wieder zu benutzen, falls der Hauptkörper zerbricht oder nach Herstellung der Lampe Mängel bemerkt werden sollten.

Die Figuren 163a u. 163b zeigen die neue Form der Maxim'schen Lampen. Der Stöpsel besteht aus einem gegossenen Glasblock und ist so oft durchbohrt, als Zuleitungen in die Lampe eingeführt werden sollen. Die Bohrlöcher sind conisch ausgeräumt, und die ebenfalls conischen Zuführungsdrähte *dd* werden mittelst besondern Dichtungsmaterials eingesetzt.

Fig. 163a.

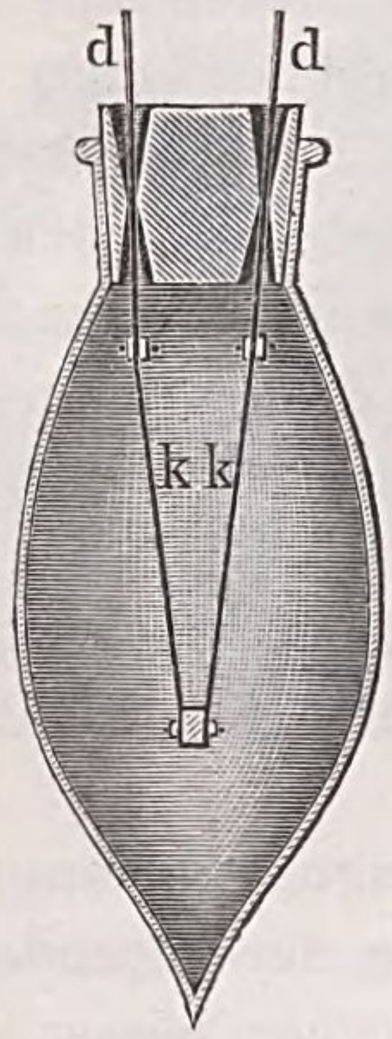
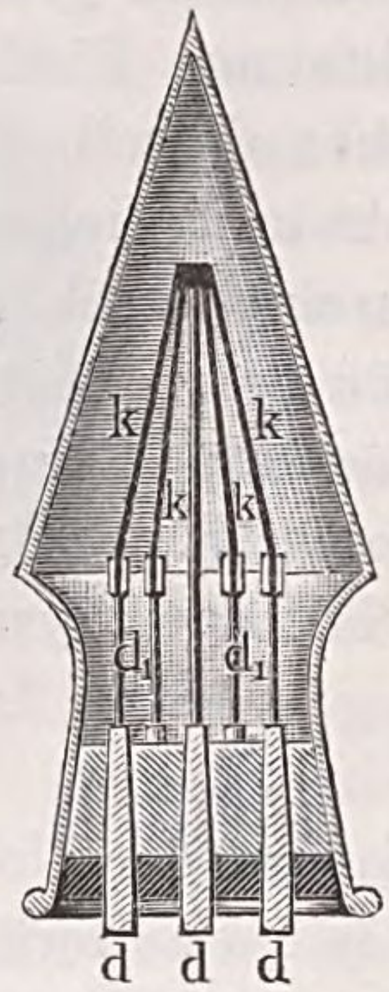


Fig. 163b.



Nach dieser Arbeit wird die Lampe evacuirt, wobei sich die conischen Drähte durch den Druck der atmosphärischen Luft fest einfügen. Diese Drähte bestehen in unserer Fig. 163a aus weichem Metall, in Fig. 163b dagegen aus Stahl; erstere nehmen die Kohlenstreifen *k* am verbreiterten Ende direct mittelst Klemmen auf, während die Stahldrähte der Fig. 163b besondere, mit denselben verschraubte, kurze Zuführungsdrähte d_1 d_1 führen. Es kommen auch nicht gebogene, sondern gerade Kohlenstreifen *kk* zur Anwendung, von denen zwei oder mehrere am freien Ende durch einen Block von Metall oder Kohle zur continuirlichen Leitung verbunden sind. Mit dieser Anordnung glaubt Maxim die Herstellungskosten wesentlich zu vermindern, indem er Beschädigungen der Kohlenstreifen verhindert, welche nach seiner Erfahrung durch das Biegen derselben leicht eintreten sollen; er bezeichnet überhaupt das Einsetzen der Kohlen nach dem bisherigen Verfahren als besonders schwierig resp. in der guten Ausführung lediglich vom Geschick der Glasbläser abhängig, da die zusammenzufügenden Theile sich im Zustande starker Erhitzung befinden.

Dass die Fabrikation in der neuen Form erleichtert ist, dürfte nicht zweifelhaft sein, ebenso dass dieselbe den Vorzug vor den

bisherigen Formen verdient, wenn sich die Luftleere in gleichem Maasse herstellen und erhalten lässt und der Leuchteffect aus den geraden Kohlenstreifen nicht merklich beeinträchtigt werden sollte.

§. 96.

Sonstige Constructionen für Incandescenz-Beleuchtung.

Betreffs anderer meist älterer Constructionen von: Moleyn, Petrie, de Changy, Edison, Lodyguine und Lontin, sämmtlich mit Metallspiralen, in Stelle der Kohlenfäden, sowie King, Bouliguine, Fontaine, Varley, Werdermann, Marcus, Ducretet verweisen wir auf die Arbeiten von Fontaine und Schellen (siehe Anmerkungen zu S. 313), und wenden uns mehr der Durchbildung und dem Betriebe etc. bewährter resp. beliebter Formen zu.

Die Constructionen der neuern Zeit, so auch von Fox [1]) schliessen sich meist der Richtung Edison an, welchem die praktische Durchbildung des Glühlichts in erster Linie zu verdanken ist. Mehrfach füllt man die Glaskugeln, wie seitens Maxim geschehen, mit Gasen, lässt auch die Kohlen in Volta-Inductionsströmen glühen, deren Bildung im §. 84 besprochen ist. Die Versuche haben sich selbst auf die Verwendung von Extraströmen (S. 191) erstreckt, womit Lichtstärken von 10 bis 30 Normalkerzen gebildet sein sollen. Wird nämlich die Anordnung so getroffen, dass mit der Oeffnung des Stromkreises die Windungen der zur Erzeugung der Extraströme eingeschalteten Elektromagnete besondern Schluss in den zugehörenden Incandescenz-Lampen erhalten, so müssen die Oeffnungs-Extraströme darin verlaufen, können also für die Glühwirkung nutzbar gemacht werden. Die Stärke derselben bestimmt sich durch die Stärke des Hauptstroms und durch die Zahl der inducirend auf einander wirkenden Windungen.

Die Anstrengungen zur Einführung der Incandescenz-Beleuchtung in den Haushalt resp. zur ausgedehntern Anwendung in getrennten kleinern Räumen, sind in neuester Zeit bedeu-

---

[1]) Engineering, Vol. XXXIV, Juli 7. 1882, S. 4 ff., beschreibt Einrichtung, Herstellung und Betrieb dieser Lampe.

tend, wie auch aus den Ausführungen des §. 43 zu erkennen, welcher eine besondere Maschine zur Incandescens-Beleuchtung [1]) behandelt, deren Einrichtung die eigenthümlichen Ver-

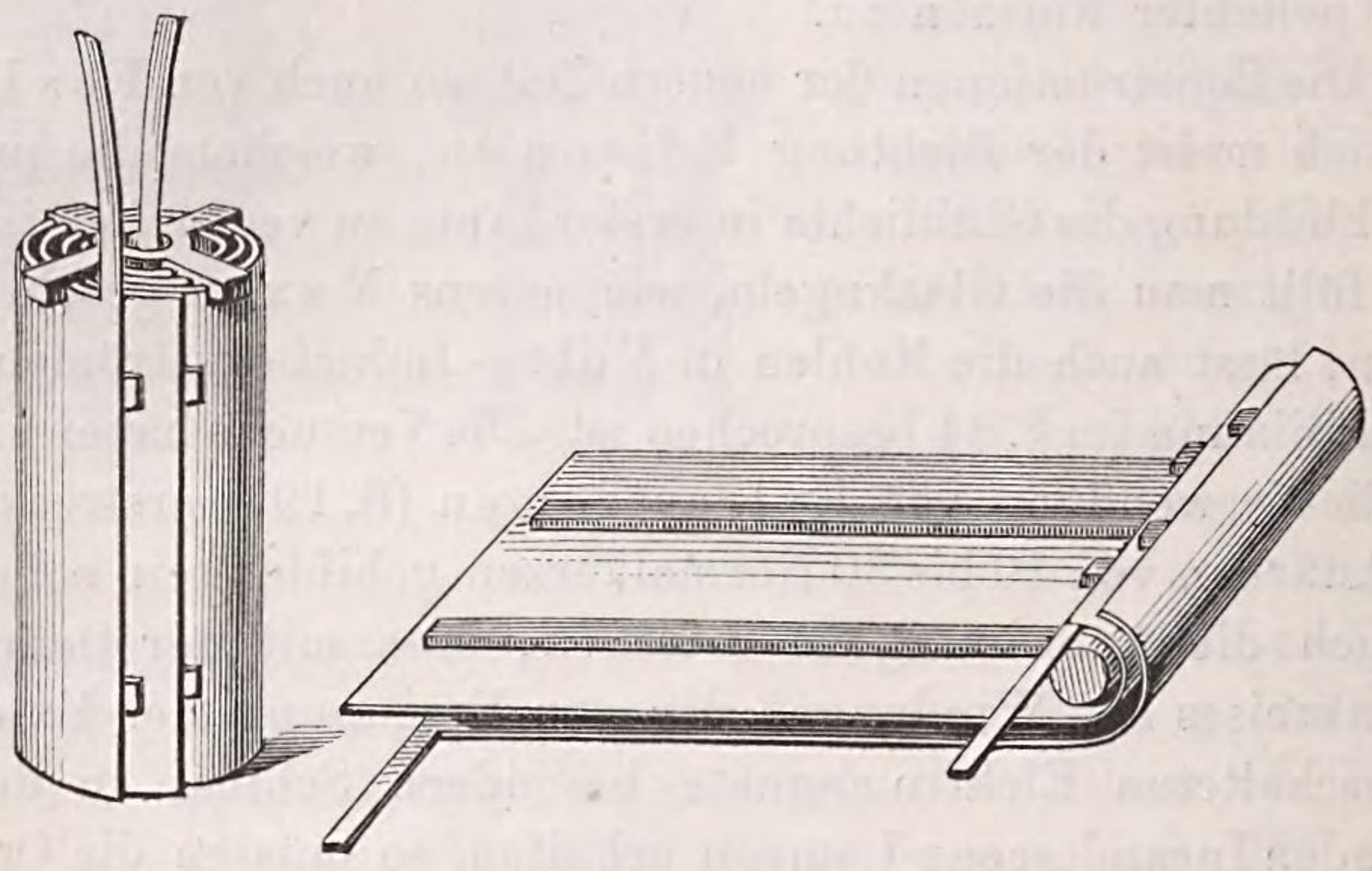
---

[1]) In Stelle der dabei getroffenen complicirten Einrichtungen wird auch vorgeschlagen, den Strom von der Centralstelle in Faure's Secundär-Batterie zu leiten und aus der Ladung derselben die Incandescenz-Lampen zu unterhalten, um dafür stets gleichmässige Stromstärken zu gewinnen. Man will festgestellt haben, dass die Benutzung des secundären Stromes selbst während des Ladungsprozesses zulässig ist.

Mit dem Gebrauch der Secundär-Batterie ist aber ein weiterer Elektricitätsverlust verknüpft, der um so grösser, je stärker die Ladung, was die Beleuchtung wieder vertheuert, abgesehen davon, dass die Bedienung besondere Aufmerksamkeit fordert.

Das secundäre Element von Faure besteht aus zwei Bleiplatten (Fig. 164), von denen eine mit Mennige stark bestrichen ist, welche, durch Filzplatte getrennt, zum Cylinder spiralförmig aufgewickelt und

Fig. 164.



in ein mit verdünnter Schwefelsäure gefülltes Gefäss eingesetzt werden (Fig. 164a). Beide Platten werden durch Zuführungsdrähte mit je einem Pol der Elektricitätsquelle (galvanische Batterie oder dynamo-elektrische Maschine) verbunden, so dass der Strom durch die Füllung führt, womit sich die Ladung derselben vollzieht, indem der Sauerstoff aus der Wasserzersetzung an die Mennige tritt und dieselbe in Bleisuperoxyd umwandelt. Das so geladene Element giebt in der gewöhnlichen Verbindung beider Elektroden (Bleiplatten) $A A^1$ den secundären, in unserm Falle zur Unterhaltung der Lampen zu verwendenden Strom, wobei das Superoxyd seinen Sauerstoff wieder abgiebt.

Eine aus 50 solcher Elemente, jedes 20 kg Blei und Mennige, bestehende Batterie der Pariser Ausstellung enthielt bei voller Ladung

hältnisse des ausgedehnten und stark verzweigten Betriebes berücksichtigt. Aehnliche Richtungen sind auch von anderen

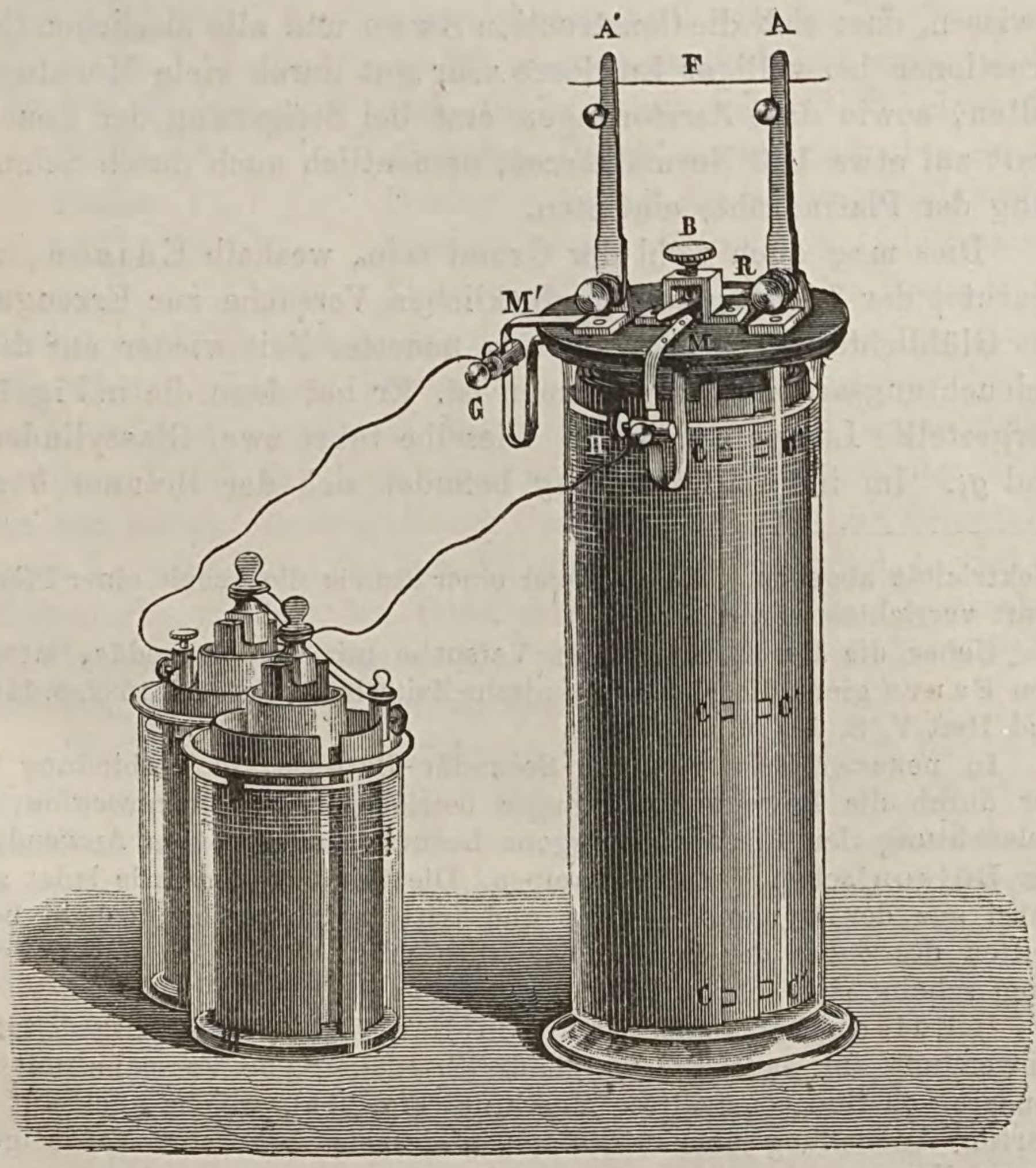
---

einen Arbeitswerth von 20 Pferdekraft, wovon 16 Pferdekräfte wieder abgegeben resp. nutzbar gemacht werden konnten.

Der Strom von						pr. Pfrdkrft.
42 Elementen	lieferte	i. d.	Lampe	Maxim	68 Normalkerzen Lichtstärke	(225)
46 „	„	„	„	„	117 „ „	(325)
52 „	„	„	„	„	189 „ „	(450)
32 „	„	„	„	Swan	42 „ „	(280)
36 „	„	„	„	„	63 „ „	(305)
42 „	„	„	„	„	102 „ „	(390)

Nach andern Angaben soll ein 75 kg wiegendes Element soviel

Fig. 164a.



Seiten eingeschlagen [1]), indess sind vollkommen befriedigende Resultate darin noch nicht zu verzeichnen, weshalb wir von der weitern Beschreibung der bezüglichen Arrangements Abstand nehmen.

In sehr grosser Ausdehnung ist die Construction Swan bei der vorjährigen Pariser Ausstellung vertreten gewesen, wo viele Hunderte dieser einfachen Lampen im Betriebe verschiedener Maschinen brannten.

Ein wirklich durchgreifender praktischer Erfolg wird mit der Incandescenz-Beleuchtung aber doch nur dann zu erwarten sein, wenn durch Erfahrung nachgewiesen werden kann, dass die Kosten der Gasbeleuchtung mit dem Gebrauche schwacher elektrischer Lichter nicht überschritten werden. Durch neuere Erfahrungen ist erwiesen, dass sich die Construction Swan und alle ähnlichen Constructionen bei völliger Luftleere sehr gut durch viele Monate erhalten, sowie dass Zerstörungen erst bei Steigerung der Leuchtkraft auf etwa 100 Normalkerzen, namentlich auch durch Schmelzung der Platindrähte eintreten.

Dies mag auch wohl der Grund sein, weshalb Edison, ungeachtet der früheren wenig glücklichen Versuche zur Erzeugung des Glühlichts in Platinspiralen, in neuester Zeit wieder auf diese Beleuchtungsart zurückgekommen ist. Er hat dazu die in Fig. 165 dargestellte Lampe construirt. Dieselbe führt zwei Glascylinder g und g_1. Im innern Cylinder g befindet sich der Brenner b aus

---

Elektricität abgeben, dass während einer Stunde die Arbeit einer Pferdekraft verrichtet werden kann.

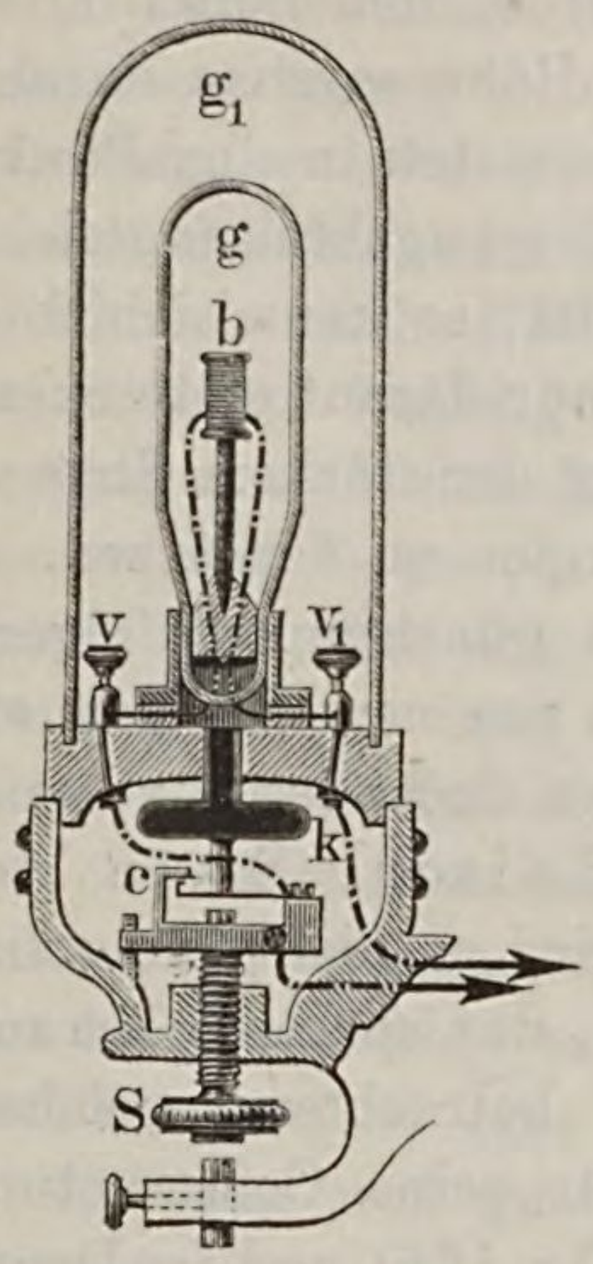
Ueber die Resultate neuerer Versuche mit der Secundär-Batterie von Faure giebt die elektrotechnische Zeitschrift, Heft IV, 1882, S. 149 ff. und Heft V, S. 197 ff. Auskunft.

In neuester Zeit wird die Secundär-Batterie, in Verbindung mit der durch die Bewegung des Zuges betriebenen Dynamomaschine, zur Beleuchtung der Eisenbahnwaggons benutzt und zwar in Anwendung der Edison'schen Vacuum-Lampen. Die Secundär-Batterie ladet sich dabei aus der Dynamomaschine und tritt in Thätigkeit, sobald beim Halten des Zuges der Betrieb derselben ruht. Diese Art der Verwendung scheint sich sehr gut zu bewähren.

[1]) Edison hat seiner Lampe in New-York bereits ausgedehntere Anwendung im Haushalte verschafft (S. 138). Seine Versuche mit besonders von ihm construirter Maschine (Fig. 97a), welche auch auf der Pariser Ausstellung über 600 Lampen gespeist hat, sind befriedigend ausgefallen.

Platindraht, mit einem Ueberzug von Magnesiumoxyd, aus welchem die Zuleitungsdrähte an die Klemmen $v\,v_1$ anschliessen, von wo ab die weitere Verbindung der Klemme v_1 direct zur Leitung führt, während die der Klemme v zunächst eine besondere Regulirvorrichtung passirt. Dieselbe besteht aus einem Federcontact c, welcher durch die Bewegung eines mit der elastischen Kammer k verbundenen Stiftes geschlossen und geöffnet werden kann. Diese Bewegung wird hervorgerufen durch den Druck der im Cylinder g_1 enthaltenen und von der Wärme des innern Cylinders g ausgedehnten Luft, in der Wirkung auf die Wände der elastischen Kammer k. Indem die in g_1 erwärmte Luft einen bestimmten Druck ausübt, öffnet sich der Contact c, womit der Leitungskreis unterbrochen, durch Abstellen des elektrischen Stromes also das Glühen im Brenner gemässigt wird, bis sich in der dadurch abgekühlten Luft der Stromkreis wieder schliesst. Vermuthlich soll die Wirkung aber nur insoweit erfolgen, dass sich der Widerstand an der Contactstelle c mit dem Druck der Luft nach und nach vergrössert, der Strom also nur bis zu einem gewissen Grade geschwächt und demnächst, durch Verminderung des Drucks, wieder verstärkt wird, so dass die Stromstärke niemals den Grad erreicht, wobei das Abschmelzen des Platindrahts erfolgen würde, was jedenfalls durch die Regulirvorrichtung verhindert werden soll.

Fig. 165.

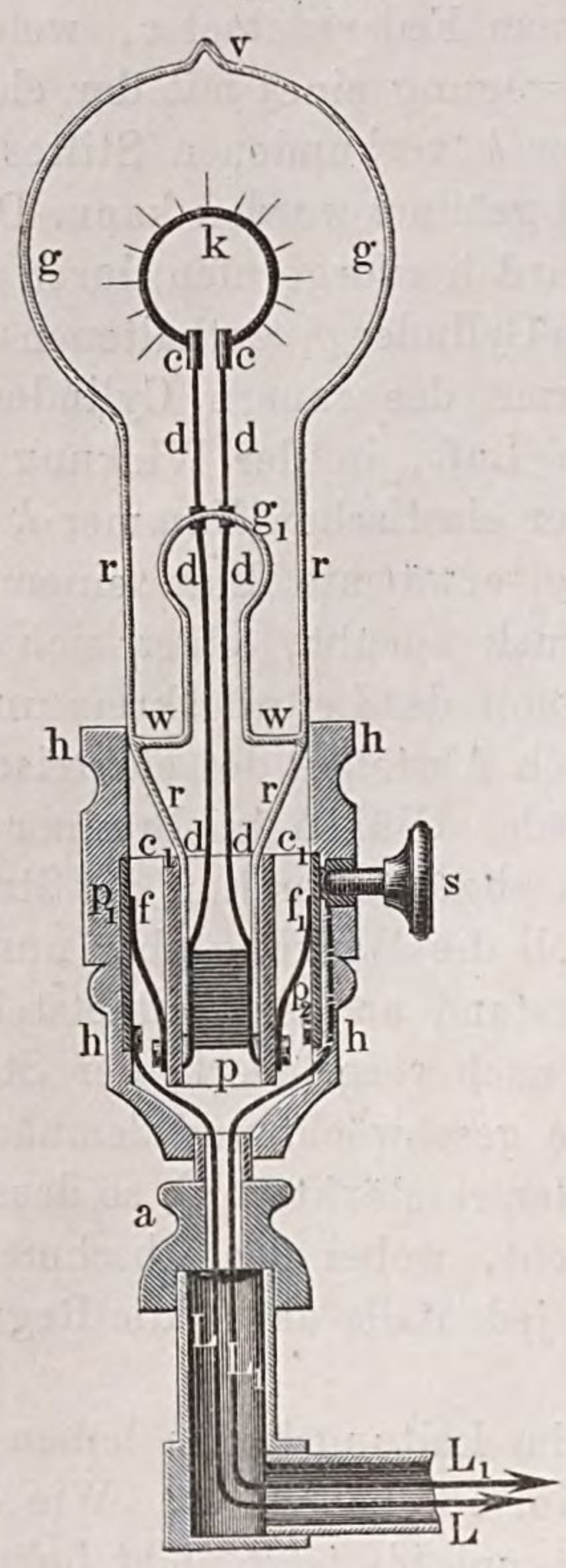


Die Verbindung dieser Lampen im Leitungskreise haben wir bereits im ersten Abschnitte zur Fig. 56 behandelt. Wie sich dieselben in der Praxis verhalten, ist uns bis jetzt nicht bekannt geworden. Besondere Hoffnungen lassen sich nicht daran knüpfen. Jedenfalls bedarf es einer sehr feinen Einstellung durch die Schraube S für die gesuchte Sicherheit, und wenn dem Verbrennen des Contacts c vorgebeugt werden soll.

Der Zerstörung der in zahlreichen Verzweigungen brennenden Lampen mit Kohlenfäden durch zu starke Ströme vorzubeugen, hat Edison übrigens auch Anordnung dahin getroffen, dass er

an gewissen Stellen des Leitungskreises kurze Drähte aus solchem Metall einschaltet, welches unter der Wirkung der gefürchteten stärkern Ströme schmilzt und den Stromkreis in dem betreffenden Zweige unterbricht. Da der elektrische Strom den Leiter aber nicht in derselben Weise wie das Wasser ein Röhrensystem durchfliesst, sondern stets in allen Punkten des Schliessungskreises gleichzeitig auftritt, so kann sich dieser Schutz nur darauf erstrecken, die Wirkung der stärkern Ströme auf die Lampen zu verkürzen.

Fig. 166.



Bei den günstigen Erfolgen, welche sich aus neuester Zeit an die einfachen Incandescenz-Lampen von Edison, Swan etc. knüpfen, wird es nicht ohne Interesse sein, das specielle Arrangement zu betrachten, welches Edison für seine Construction getroffen (Fig. 166) und im Deutschen Reiche hat patentiren lassen.

Die Patentschrift lässt sich darüber etwa folgendermaassen aus:

Die Glaskugel g mit Rohr r und der Glaskopf g_1, welcher den weissglühenden Körper k trägt, werden getrennt von einander hergestellt [1]) und erst, nach Einsetzung des Glühkörpers k, mit seinen Klemmen $c\,c$ und den Leitungsdrähten $d\,d$ in den Glaskopf g_1, durch Zusammenschmelzen an der Erweiterung w desselben vereinigt. Hierauf wird die Glaskugel g, durch ein oben ausgezogenes Rohr, mittelst Luftpumpe evacuirt und sodann das Rohr hart an der Luftpumpe zugeschmolzen. Dicht

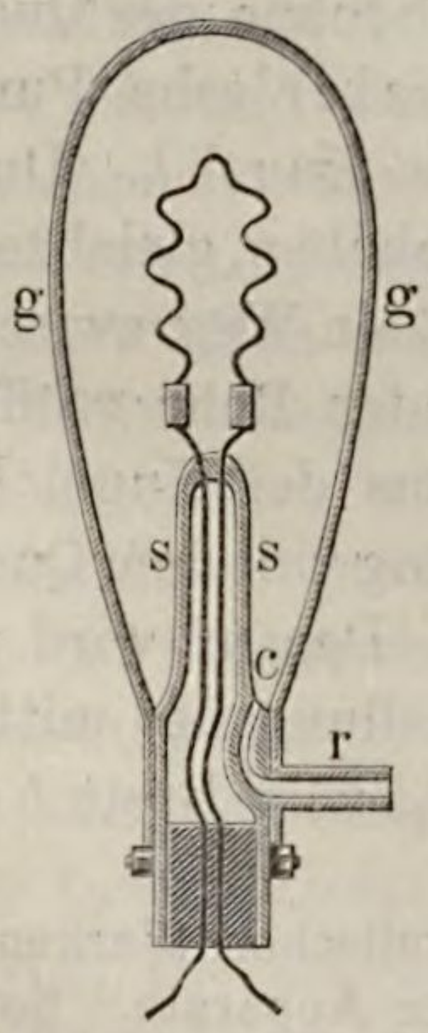
---

[1]) Die Herstellung der Glasglocken und der Kohlen ist im Engineer, Vol. LIII, Nr. 1364, Februar 17. 1882, der Kohlen allein in Engineering, Vol. XXXII, September 30. 1881, behandelt.

über der Kugeloberfläche bei v wird das Rohr nochmals zugeschmolzen, dann abgebrochen und der Bruch durch weitere Verschmelzung geebnet. Die im Glaskopf g_1 eingeschmolzenen Drähte $d\,d$ werden im Halse des nach unten verlängerten Rohrs r durch einen Verschlusspfropfen p gehalten und treten daraus, über Schraubenverbindung, an zwei Contactfedern $f f_1$, die an einem Cylinder c_1 aus isolirendem Material befestigt sind, in welchen der Glaskörper eingeschoben wird. Beide Contactfedern lehnen gegen zwei leitende, im Halter h befestigte Platten $p_1\,p_2$, von denen p_1 mit dem Leitungsdrahte L dauernd verbunden ist, während der zweite Leitungsdraht L_1 an die Mutter der Contactschraube s führt und erst durch Anziehen derselben mit der Platte p_2 in leitende Verbindung tritt, so dass durch entsprechende Schraubendrehung der Stromkreis geöffnet und geschlossen werden kann, um das Licht zu löschen oder zu bilden. Das Ganze wird im Halter h auf einen Gasarm a, ein passendes Consol etc. aufgeschroben, aus welchem die Leitungsdrähte an die äussere Leitung anschliessen. Die Einrichtung sichert eine gute Verbindung der glühenden Kohle im Stromkreise und gestattet ein bequemes Auswechseln des Glaskörpers.

Böhm rettet auch in sehr einfacher Weise den Glaskörper, falls nur die Kohle zerstört ist. Seine Lampe (Fig. 167) besteht aus der luftleeren Glocke g und dem Stöpsel s, welcher in den Glockenhals eingeschliffen ist. Zur Evacuirung dient ein Canal c innerhalb des Stöpsels und ein Ansatzrohr r der Glocke, welches mit der Luftpumpe in Verbindung gebracht wird.

Fig. 167.

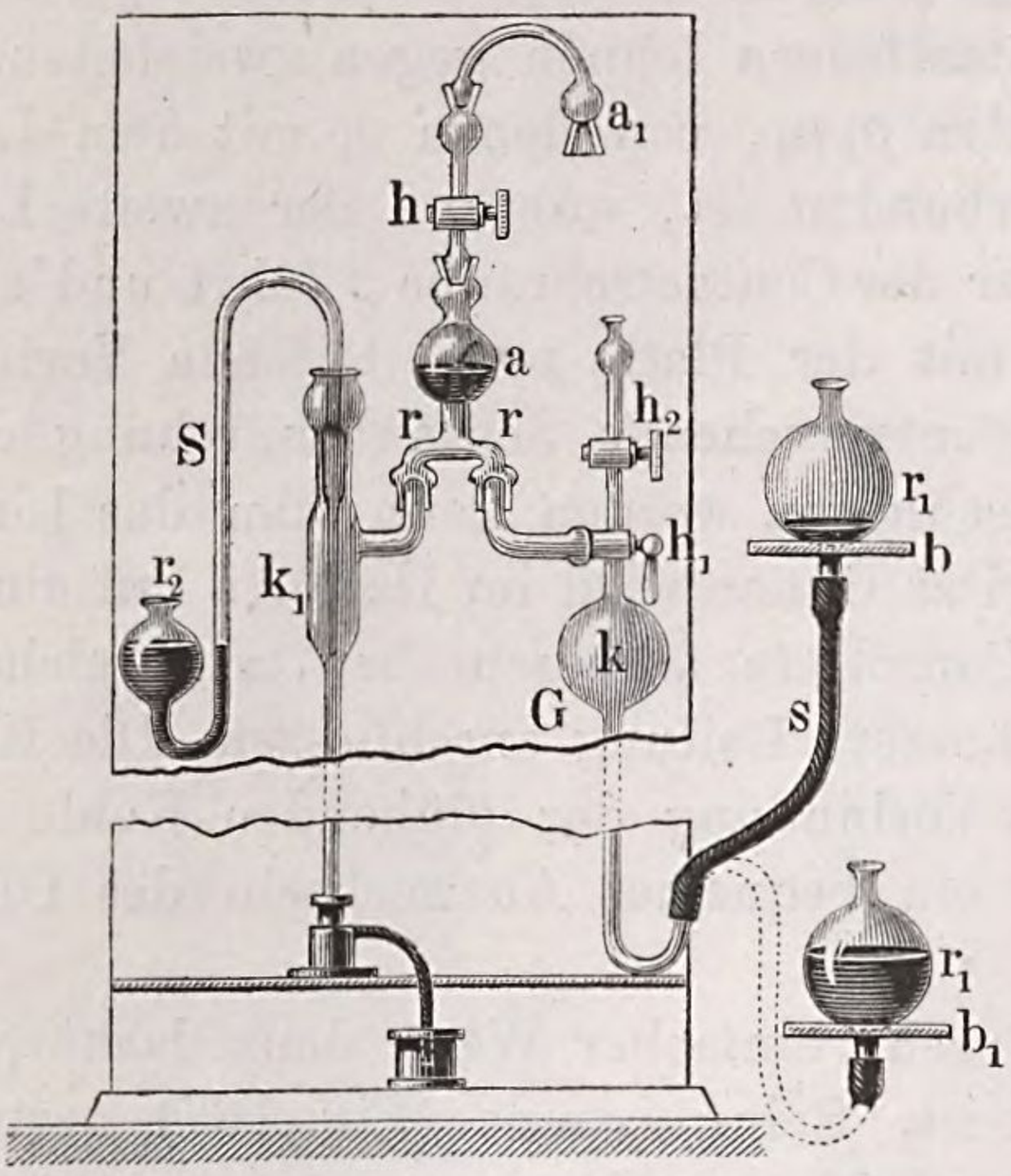


Sobald der erforderliche Grad der Luftleere hergestellt, dreht man den Stöpsel s, so dass die Communication zwischen dem Canal c und dem Ansatzrohr r aufgehoben, wodurch die Glocke ohne Weiteres luftdicht abgeschlossen ist.

Behufs Einsetzung neuer Kohlen wird der Stöpsel herausgenommen, das Ersatzstück mittelst Klemmen mit den im obern Ende des Stöpsels eingeschmolzenen Platindrähten verbunden und die Lampe wieder evacuirt.

Böhm bedient sich zum Evacuiren der combinirten Geissler- und Sprengel-Pumpe[1]) (Fig. 168). Beide Pumpen resp. G und S sind durch ein Rohr r verbunden, welches an den Lufttrocknungsapparat a anschliesst, der über den Glashahn h, mittelst gekrümmten Rohrs, an die zu evacuirende Lampe führt, welche an den Ansatz a_1 angelegt wird. Dieser Hahn wird vor Abnahme der behandelten Lampe geschlossen und erhält das System luftleer; man öffnet denselben nach Anlegung einer neuen Lampe, aus welcher die Luft dann durch den Trockenapparat a in die Rohrverbindung eintritt, wobei der Feuchtigkeitsgehalt der Luft von der Füllung (wasserfreie Phosphorsäure) des Trockenapparats absorbirt wird. Die durch Heben und Senken des Quecksilberreservoirs r_1 in Thätigkeit versetzte Geissler'sche Pumpe führt die Luft durch den untern Hahn h_1 in die Kugel k. Durch Abstellung desselben wird diese Verbindung aufgehoben, gleichzeitig aber, mittelst zweiter Durchbohrung des Hahnes, ein Weg zwischen der Glaskugel k und dem sich darüber erhebenden Rohr geöffnet, welches die über Hahn h_2 entweichende Luft aus der Kugel aufnimmt, nachdem sich dieselbe aus der Verbindung mit dem Quecksilberreservoir r_1 mit Quecksilber gefüllt hat. Darauf wird der Hahn h_1 wieder umgestellt, und durch Tieferstellung des mittelst Gummischlauchs s angeschlossenen Reservoirs r_1, vom Brett b auf

Fig. 168.



---

[1]) Beide Pumpen sind in guten, neuern physikalischen Werken beschrieben; sie dienen nur zur Evacuirung kleinerer Apparate. Soweit die Verbindung unter dem Glasrohrsystem nicht durch Kautschukverbindung hergestellt wird, sind die verbundenen Theile eingeschliffen. Die Hähne bestehen aus Glas oder Gussstahl.

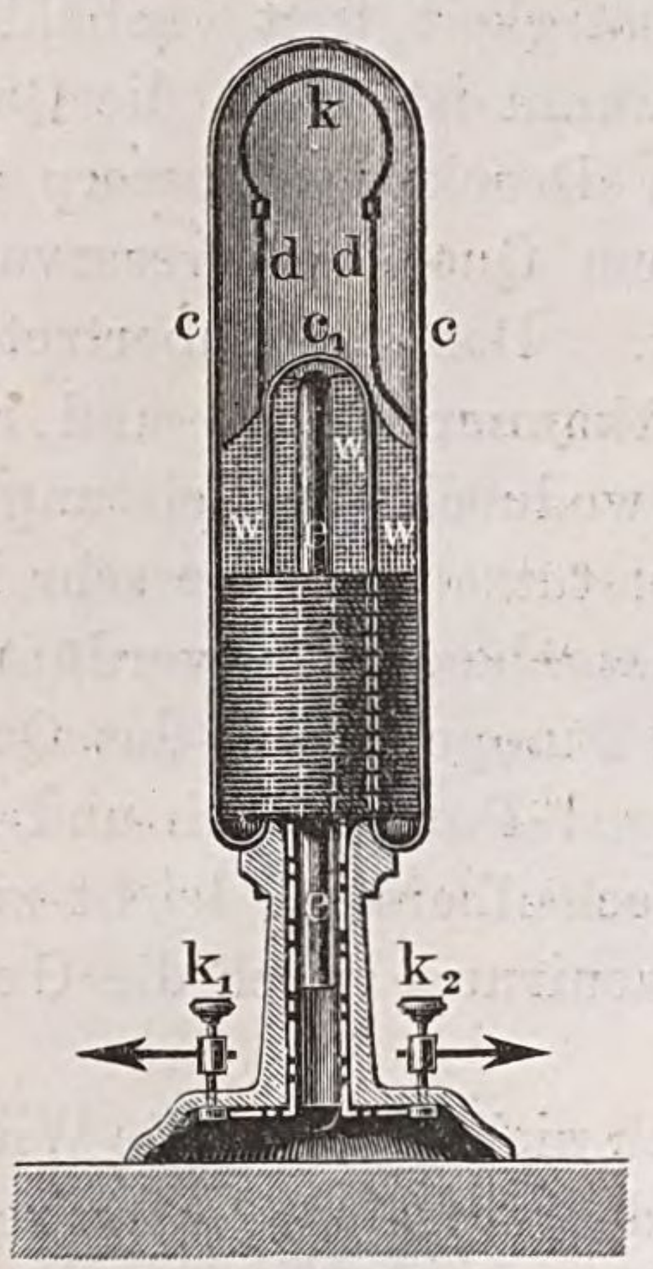
Brett b_1, deren senkrechte Entfernung von einander mehr als 760 mm beträgt, tritt das Quecksilber in dasselbe zurück. Diese Operation wird nach Bedarf wiederholt, in deren Verlauf die Sprengel-Pumpe automatisch in Thätigkeit tritt, sobald die Luft innerhalb des Systems soweit verdünnt ist, dass die Quecksilberfüllung dieser Pumpe durch den Druck der äussern Luft über die obere Krümmung des mit dem Quecksilberreservoir r_2 verbundenen S-förmigen Rohrs steigt. Das hier übertretende Quecksilber fliesst dann durch die Luftkammer k_1 ab und reisst die darin enthaltene Luft mit heraus, wodurch die Leistung der Geissler'schen Pumpe wesentlich unterstützt und eine sehr hohe Luftverdünnung erzielt wird. Nach Maassgabe der Luftverdünnung aus der Thätigkeit der Geissler'schen Pumpe, steigt das Quecksilber im S-förmigen Rohre der Sprengel-Pumpe nach und nach höher, so dass aus dem Stande der Quecksilbersäule leicht zu erkennen, bis zu welchem Grade die Evacuirung durch die Geissler'sche Pumpe vorgeschritten ist.

Diese combinirte Luftpumpe soll sich nicht nur für die Wiederherstellung des betriebsfähigen Zustandes einzelner, versagender Lampen bewähren, sondern auch bei fabrikmässiger Herstellung neuer Lampen durch schnelles und zuverlässiges Arbeiten auszeichnen.

Die schwächste Seite der Vacuum-Lampen bildet der Eintritt der Platindrähte durch den Glaskörper in den luftleeren Raum. Dieselben werden in Folge der Stromesleitung stark erhitzt, dehnen sich aus und ziehen sich bei Unterbrechung des Stromes wieder zusammen, während die Umgebung nicht in gleichem Maasse folgt, wodurch Undichtigkeiten entstehen, welche der Luft Zutritt gestatten. Man hat gesucht, diesem Uebelstande in verschiedener Weise abzuhelfen; theils durch Verstärkung der Leiter an den Einschmelzstellen, was die Erhitzung an diesen Stellen vermindert (S. 9), theils durch Quecksilberfüllung (Fig. 154 u. 154a), durch Einschleifen der Drähte etc. (Fig. 163a u. 163b) unter Anwendung besondern Dichtungsmaterials u. s. w. In Diehl's Construction (Fig. 169, a. f. S.) ist aber der Glaskörper vollkommen geschlossen; ein Durchführen der Drähte findet dabei überhaupt nicht statt. Zwei Glascylinder c und c_1, von denen letzterer auf seinem Umfange mit isolirtem Kupferdraht w bewickelt ist, an dessen freie Enden die Drähte $d\,d$ und der Kohlenbügel k anschliessen, sind ineinandergeschoben und an den untern offenen Enden durch Schmelzung untereinander ver-

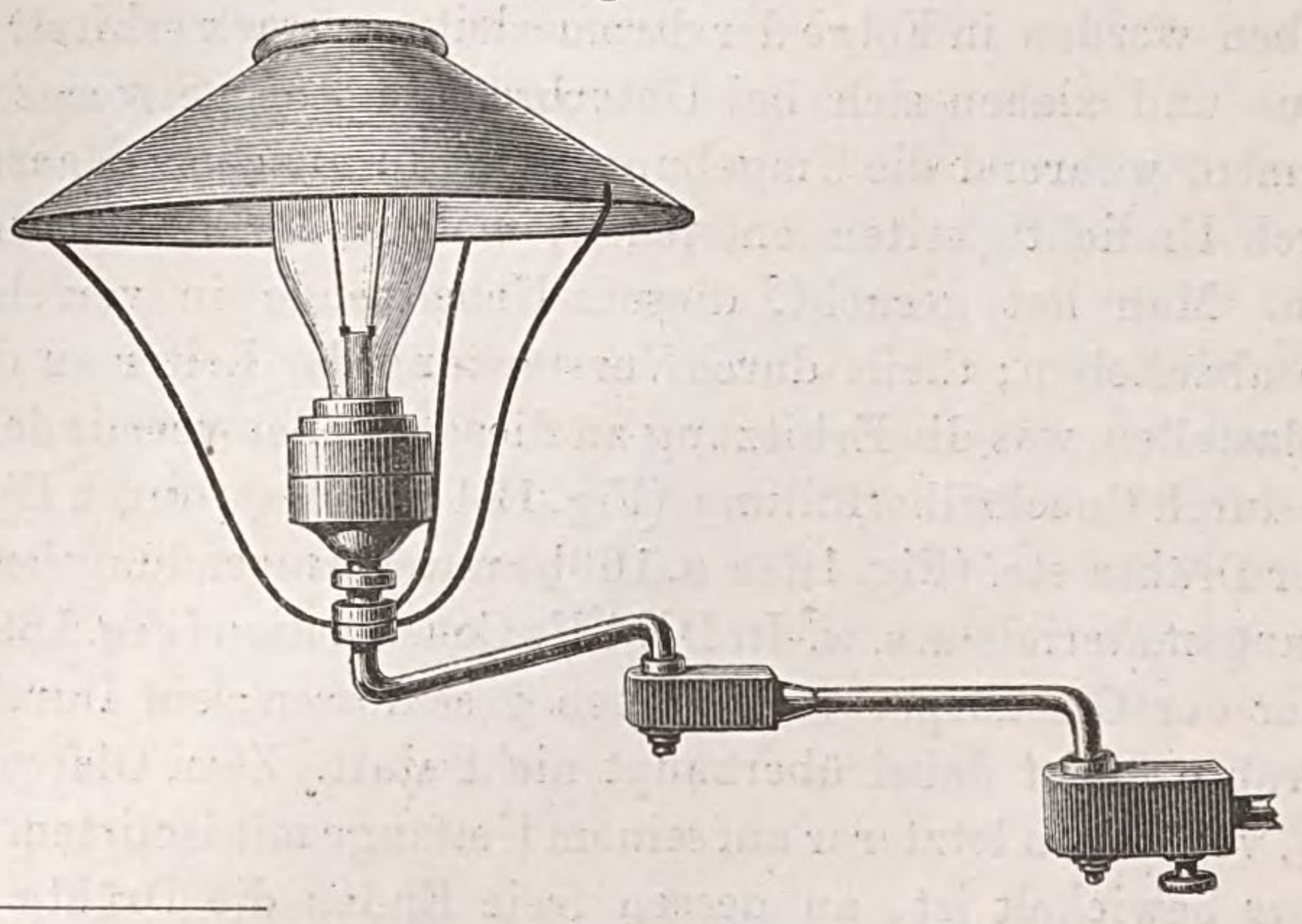
bunden. Innerhalb des Cylinders c_1 befindet sich eine zweite über den Eisenkern e gewickelte Drahtrolle w_1, deren beide Enden an zwei Klemmen k_1 k_2 führen, welche mit der äussern Leitung resp. den beiden Polen der Elektricitätsquelle verbunden werden. Der mit kurzen und schnellen Unterbrechungen in dieser Rolle circulirende Strom erzeugt in der Wicklung w Inductionsströme (S. 367), welche das Licht zu bilden und zu unterhalten bestimmt sind. Der Betrieb erfolgt mit Wechselströmen (S. 32), wie bei der Jablochkoff'schen Lampe (Fig. 153), und was bei derselben über den Erfolg gesagt ist, gilt auch für die Construction Diehl.

Fig. 169.



Die ausgebreitete Verwendung der Edison'schen Vacuum-Kohlenlampe hat auch zur Construction passender Formen (Fig. 170, 170a u. 170b) für den Gebrauch im kleinen Verkehr geführt[1]), und in recht eclatanter Weise liefert Edison

Fig. 170.



[1]) Innerhalb der Gelenkverbindungen wird der Zusammenhang mit der Leitung durch schleifende Federn unterhalten.

Fig. 170a.

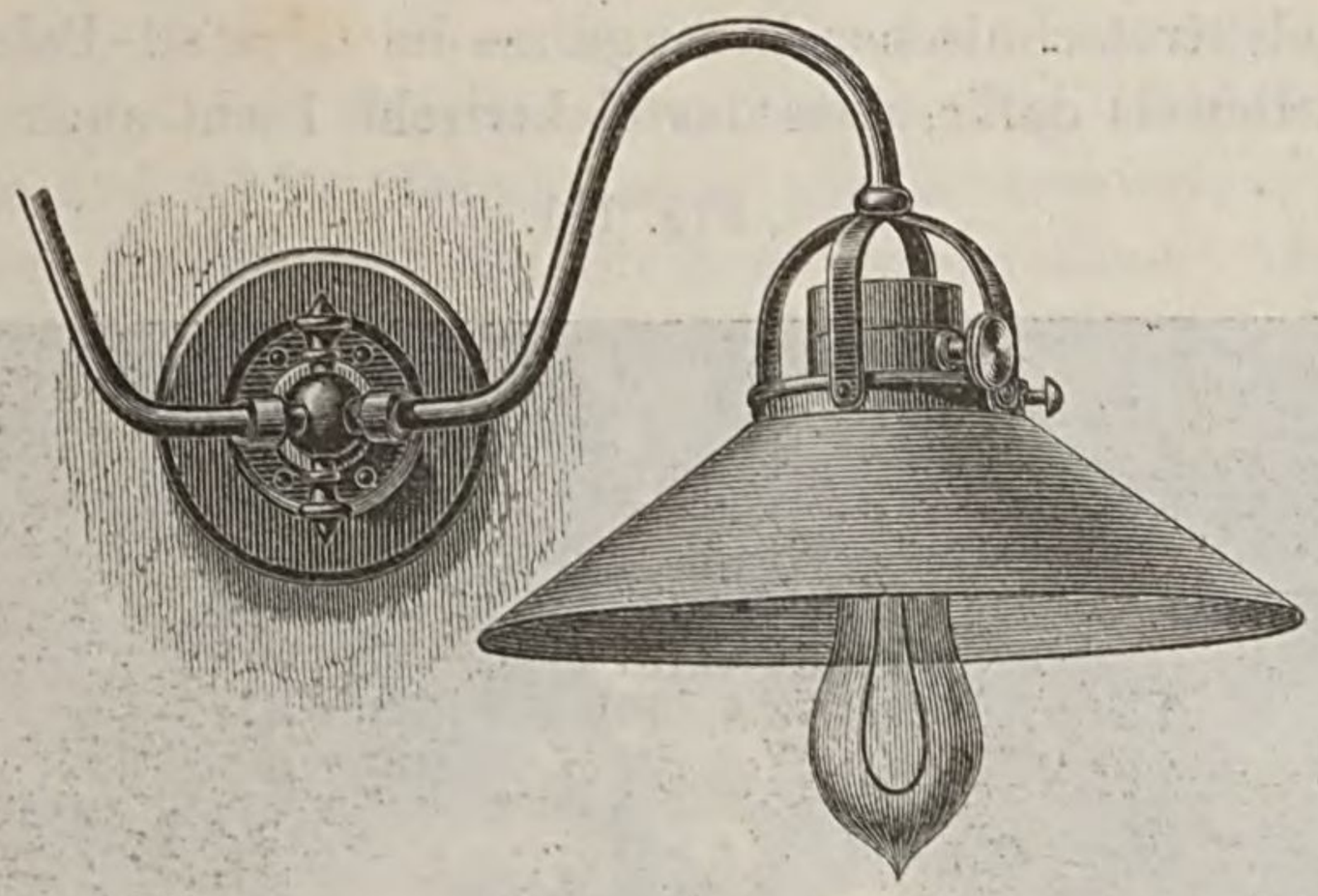
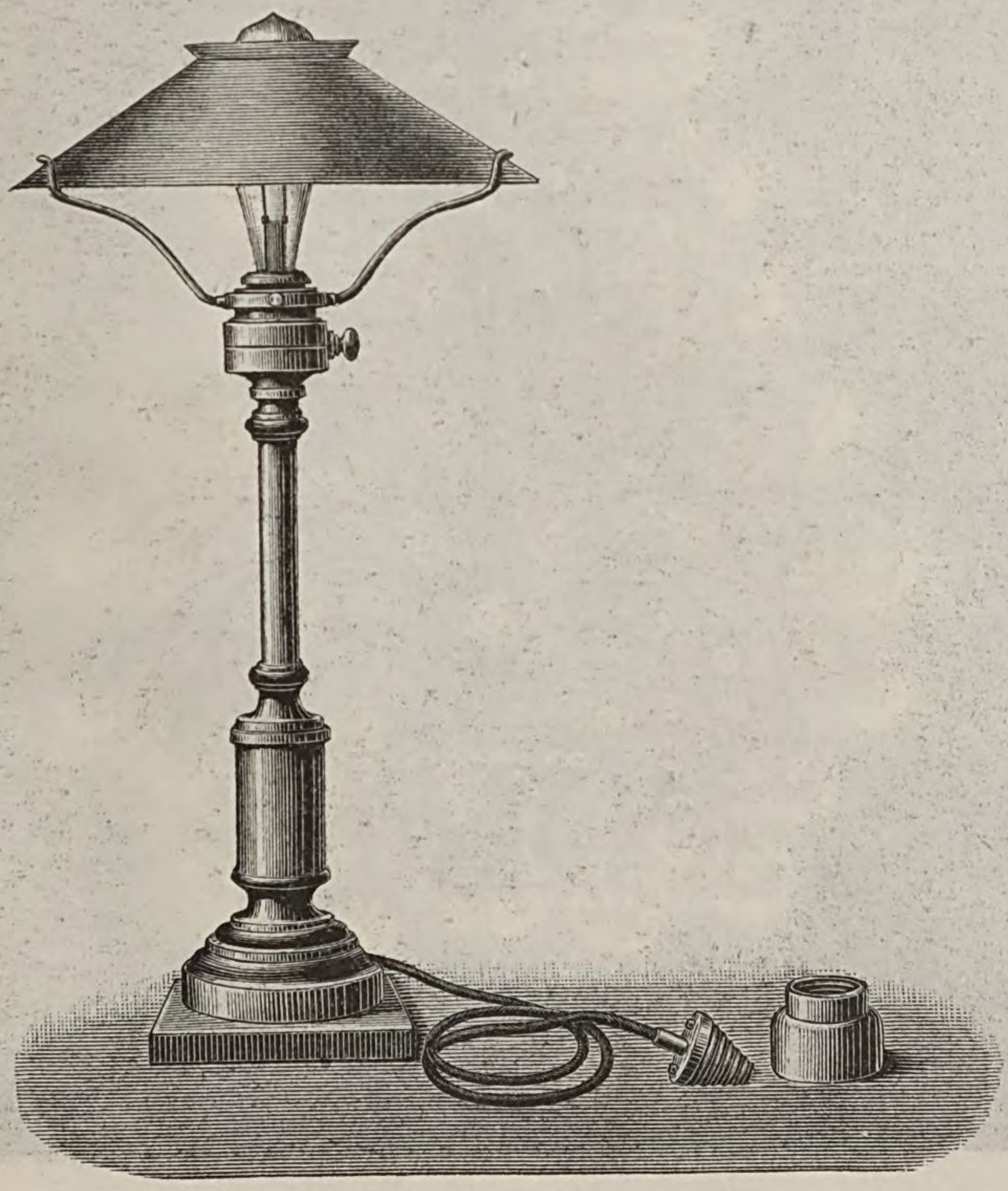
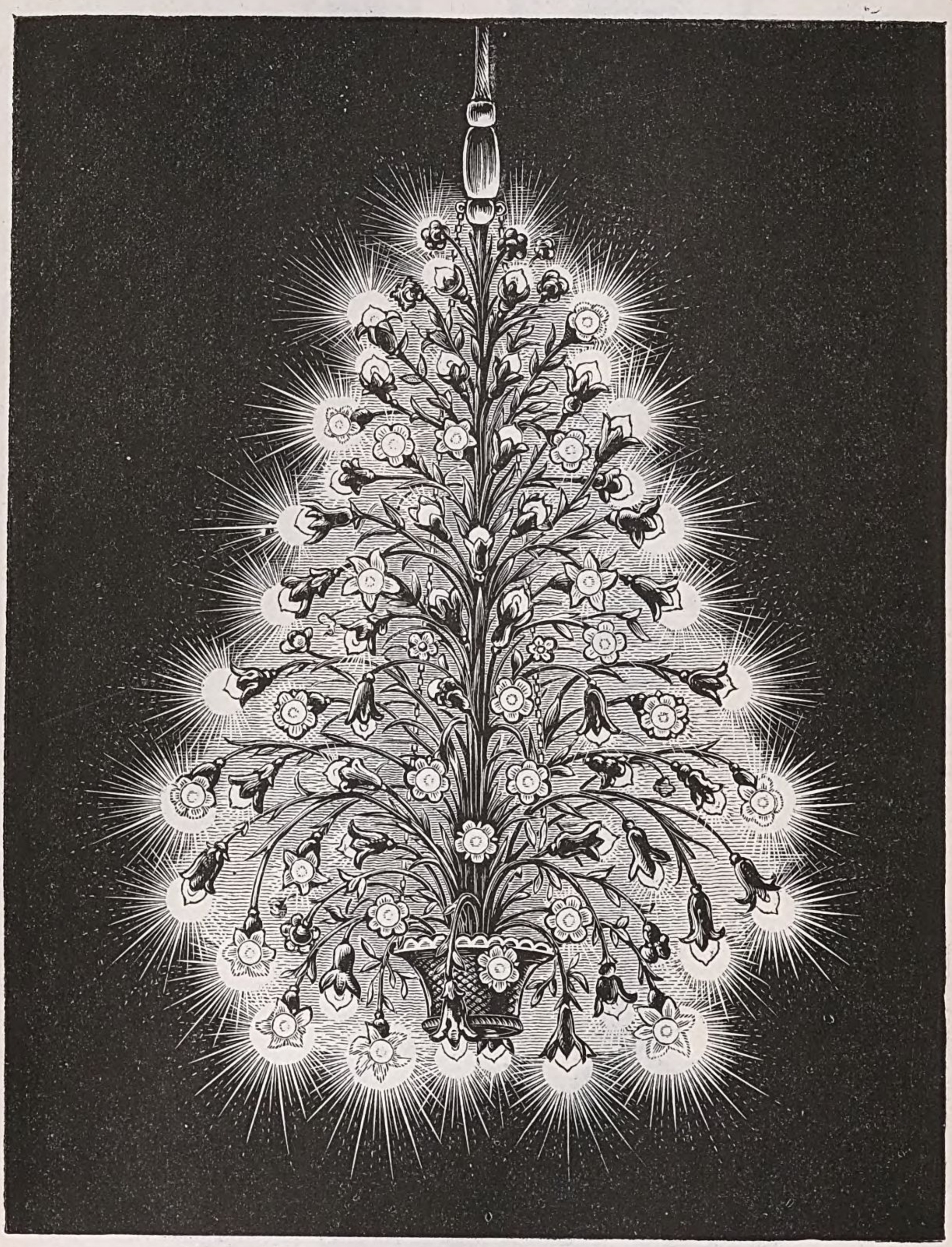


Fig. 170b.



resp. die Edison Electric Light Company auf der diesjährigen Ausstellung elektrotechnischer Erzeugnisse im Crystall-Palast Sydenham den Beweis dafür, dass das elektrische Licht auch in decora-

Fig. 171.

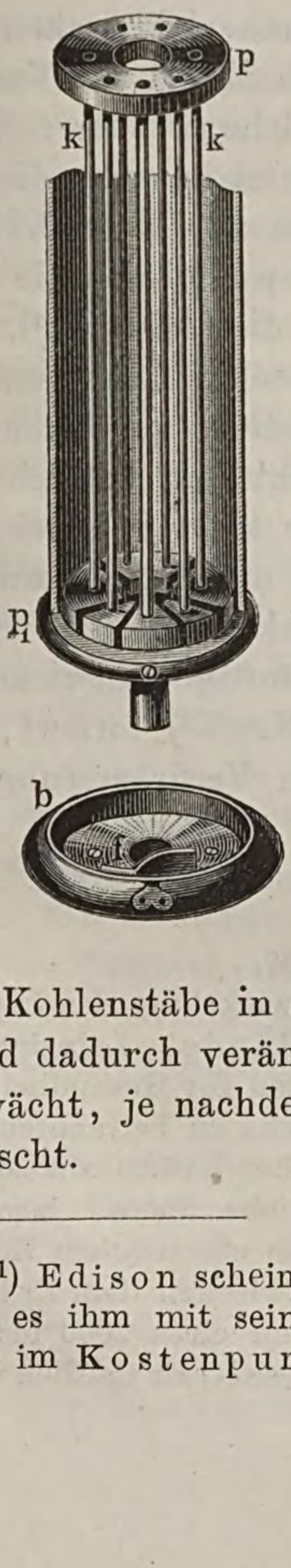


tiver Beziehung die Leistung des Gaslichts übertrifft [1]) (s. §. 1, S. 6).

Es befindet sich daselbst eine Krone (Fig. 171) von etwa 4,5 m Höhe und 2,75 m Durchmesser aus gehämmertem Messing, gebildet aus Hunderten von Blumen verschiedener Art, deren Stiele den Strom leiten und deren Kelche die Edison'schen Glasglocken enthalten und in überraschendem Gesammteffect das Licht ausstrahlen.

Besondere Beachtung verdient auch die Construction des Edison'schen Stromregulators (Fig. 172), welcher Gelegenheit bietet, die Lichtstärke seiner Lampen nach Bedarf zu verändern. p ist eine zusammenhängende Platte aus Metall, p_1 eine eben solche Platte, aber aus isolirten Theilen zusammengefügt. Beide Platten sind durch Kohlenstäbe kk verschiedener Stärke, also von verschiedenem Widertande verbunden und durch leichtes Gehäuse zum Cylinder geschlossen. Die Metalltheile der Platte p_1 führen durch den Boden des Gehäuses und greifen in eine drehbare, flache Büchse b mit Feder f, welche je nach der Lage der Büchse mit einem der isolirten Metalltheile der Platte p_1 leitenden Contact unterhält. Der Stromkreis schliesst einerseits an die Feder f, andererseits an die obere Platte p, und der Strom führt stets durch den Kohlenstab, dessen unterer Metallanschluss mit der Schleiffeder f in Verbindung steht.

Fig. 172.



Durch das Drehen der Büchse b lässt sich jeder der in unserm Bilde vorgesehenen sieben Kohlenstäbe in den Leitungskreis einschalten, dessen Widerstand dadurch verändert wird, was die Stromstärke verstärkt oder schwächt, je nachdem man ein stärkeres oder schwächeres Licht wünscht.

---

[1]) Edison scheint sich ganz ernstlich mit der Hoffnung zu tragen, dass es ihm mit seinem System gelingen werde, der Gasbeleuchtung auch im Kostenpunkte Concurrenz machen zu können.

Dieser Regulator lässt sich im Fusse der Lampe, Fig. 170b, unterbringen, sonst aber auch getrennt von der Lampe benutzen.

§. 97.

Ergänzende Betrachtungen über Installationen und Betriebsverhältnisse.

In Bezug auf die grosse dynamo-elektrische Maschine von Edison (§. 40) spricht Dr. Frölich (Siemens und Halske) nachdrücklichen Zweifel [1]) darüber aus, ob andere Constructeure diesem Beispiel zur Vergrösserung der dynamo-elektrischen Maschinen folgen werden, obgleich er darin ein Mittel zur Verstärkung der Arbeitskraft derselben erkennt, welche er aber mehr in der Kuppelung (§. 15) sucht. Frölich nimmt an, dass die Arbeitskraft, bei gleicher Construction der Maschinen, dem Gewicht derselben ziemlich proportional ist.

Anders denkt Professor Perry über diese Frage [2]). Er sagt u. a., dass die in Gebrauch befindlichen elektrischen Maschinen nicht construirt worden sind mit Rücksicht auf Oekonomie, sondern um zu zeigen, dass strahlendes Licht und beträchtliche Kraft durch kleine Maschinen erzeugt werden können, welche mit verhältnissmässig geringem Kostenaufwande die Aufmerksamkeit darauf lenken, welch mächtiges Agens die Elektricität ist. Er ist zu der Ueberzeugung gelangt, dass die zukünftige Entwickelung Maschinen von grosser elektromotorischer Kraft [3]) fordert, und dieser Forderung am zweckmässigsten durch Vergrösserung der Dimensionen zu entsprechen sei.

Es ist bekannt, dass sich die elektromotorische Kraft einer

---

[1]) Elektrotechn. Zeitschr., Heft III, 1882, S. 99.

[2]) Vortrag desselben über die zukünftige Entwickelung der Elektrotechnik. Broschüre im Verlage von Quandt u. Händel. Leipzig 1882.

[3]) Dass hohe elektromotorische Kräfte Gefahren für Gesundheit und Leben bergen, dürfte als ausreichender Grund nicht zu betrachten sein, von der Anwendung grosser Maschinen resp. solcher Kräfte abzustehen, da man ähnlichen Gefahren im Maschinenbetriebe überall begegnet, denen man nothwendig ausweichen muss. Für den elektrischen Zustand bei Gewittern schätzt man die Potentialdifferenz zwischen dem Erdboden und der Höhe von etwa 30 m über demselben zu circa 2000 bis 3000 Volts (Daniell), und nimmt allgemein an, dass diese Kraft tödtlich wirke.

Maschine verstärken lässt durch Vergrösserung der Drehungsgeschwindigkeit, der Intensität der magnetischen Felder und der Drahtlänge in der Inductorwicklung (§. 6). Die Erhöhung der Tourenzahl erscheint Perry am wichtigsten [1]); nach seiner Ansicht würde aber, zur Vermeidung zu starker Wärmeentwicklung aus dem schnellen Wechsel der Magnetisirung, das Eisen aus den bewegten Theilen der Maschinen fortfallen müssen. Er führt weiter aus, dass grosse Geschwindigkeiten sorgfältige Construction und Balancirung der bewegten Theile und aufmerksame Berücksichtigung der reibenden Flächen, sowie vergrösserte rotirende Theile fordern.

Unter den reibenden Flächen will Perry auch die Commutatorbürsten verstanden wissen, deren Einfluss auf den Kraftverlust bisher zwar meist, gegenüber dem grössern Verlust aus den Lagern der Maschinen etc., als unerheblich vernachlässigt, für die Zukunftmaschinen aber von Bedeutung sei [2]).

Die Vergrösserung des rotirenden Inductors verlangt auch eine Verstärkung desselben, weil die Centrifugalkraft, welche den rotirenden Theil zu zerreissen strebt, dem Halbmesser umgekehrt proportional ist; und der Vergrösserung des Inductors muss selbstverständlich der verstärkte Bau der übrigen Theile der Maschine entsprechen.

Als weitere wichtige Begründung für die Vergrösserung der Dimensionen hebt Perry hervor, dass von zwei ähnlichen aber verschieden grossen Dynamomaschinen, die doppelter Grösse, bei gleicher Tourenzahl, achtmal und noch mehr Energie liefern könne, als die andere, so dass, ganz abgesehen von der durch die Vergrösserung der Maschine bedingten Verstärkung der magnetischen Felder, aus der Verdoppelung der Dimensionen ein achtfacher Effect zu erzielen ist.

Die Magnete einer Maschine durch den eigenen Strom zu erregen verwirft Perry, indem er daran erinnert, dass die in einem Elektrogmagneten von gegebener Grösse erregte Anziehungs-

---

[1]) Perry erachtet zwar auch die Verlängerung des Inductordrahts anwendbar, wegen der damit verbundenen Vergrösserung des Leitungswiderstandes resp. des Wärmeverlustes aber weniger ökonomisch.

[2]) In Perry's Commutator sind die durch Hartgummi von der Drehungsachse isolirten Schienen abgerundet und nur in schmalen Zwischenräumen durch Luft von einander getrennt.

kraft einfach proportional ist der in den Drahtwindungen desselben durch den elektrischen Strom erzeugten Wärme (§. 2), deren Verminderung anzustreben sei. Er weist der dynamo-elektrischen Maschine die Stelle als Hülfsmaschine zu (Fig. 70c) und vermag sogar der magnet-elektrischen Maschine als Zukunftsform das Wort zu reden. Nach seiner Ueberzeugung würde eine Maschine, mit Inductor der Grösse des Radkranzes vom Schwungrade einer grossen Dampfmaschine, mit schräg gewickelten Inductorrollen, etwa in der Anordnung der Elektromagnete unserer Fig. 70c, der künftig geforderten Leistung entsprechen. Mit solchen oder ähnlich construirten Maschinen gleicher Grösse und für continuirlichen Strom wäre es möglich, alle Häuser in Neu-York zu beleuchten und zu heizen, grossen und kleinen Werkstätten die Kraft zum Betriebe ihrer Maschinen zu liefern aus so grosser Entfernung, wie die der Niagarafälle, mittelst eines gewöhnlichen Telegraphendrahts, aber von ausnahmsweise guter Isolation [1]).

Dass sich, unter sonst gleichen Umständen, die Leistung mit der Grösse der Maschine steigert ist unbestritten; zunächst dürfte es aber darauf ankommen, unter den von uns betrachteten verschiedenen Constructionen diejenige Maschine zu ermitteln, welche schon in den üblichen mässigen Dimensionen durch ihre Leistung entschieden überwiegt.

Dies ist die Dynamomaschine von Brush (§. 24); dieselbe hat die allgemeine Aufmerksamkeit bereits in hohem Grade erregt und findet immer tiefer Eingang in die Praxis; ihre hervorragende Leistung ist in der sehr vortheilhaften Bildung begründet, welche namentlich auch auf leichte Fabrikation und leichte Ausführung etwaiger Reparaturen die weitgehendsten Rücksichten nimmt. Sofern nun die Installation in erster Linie Interesse an der Verwendung bewährter Constructionen nimmt, scheint es uns bei Lage der Verhältnisse angezeigt, der Brush-Maschine in diesen ergänzenden Betrachtungen einen besondern Platz zuzuweisen, um das Verständniss dafür nach Möglichkeit zu unterstützen.

Wir haben früher hervorgehoben, dass die dynamo-elektrischen Maschinen von Siemens und Gramme als Grundtypen der dynamo-elektrischen Constructionen betrachtet werden. Erstere haben wir im ersten Abschnitt (§. 4) behandelt, letztere an die Spitze

---

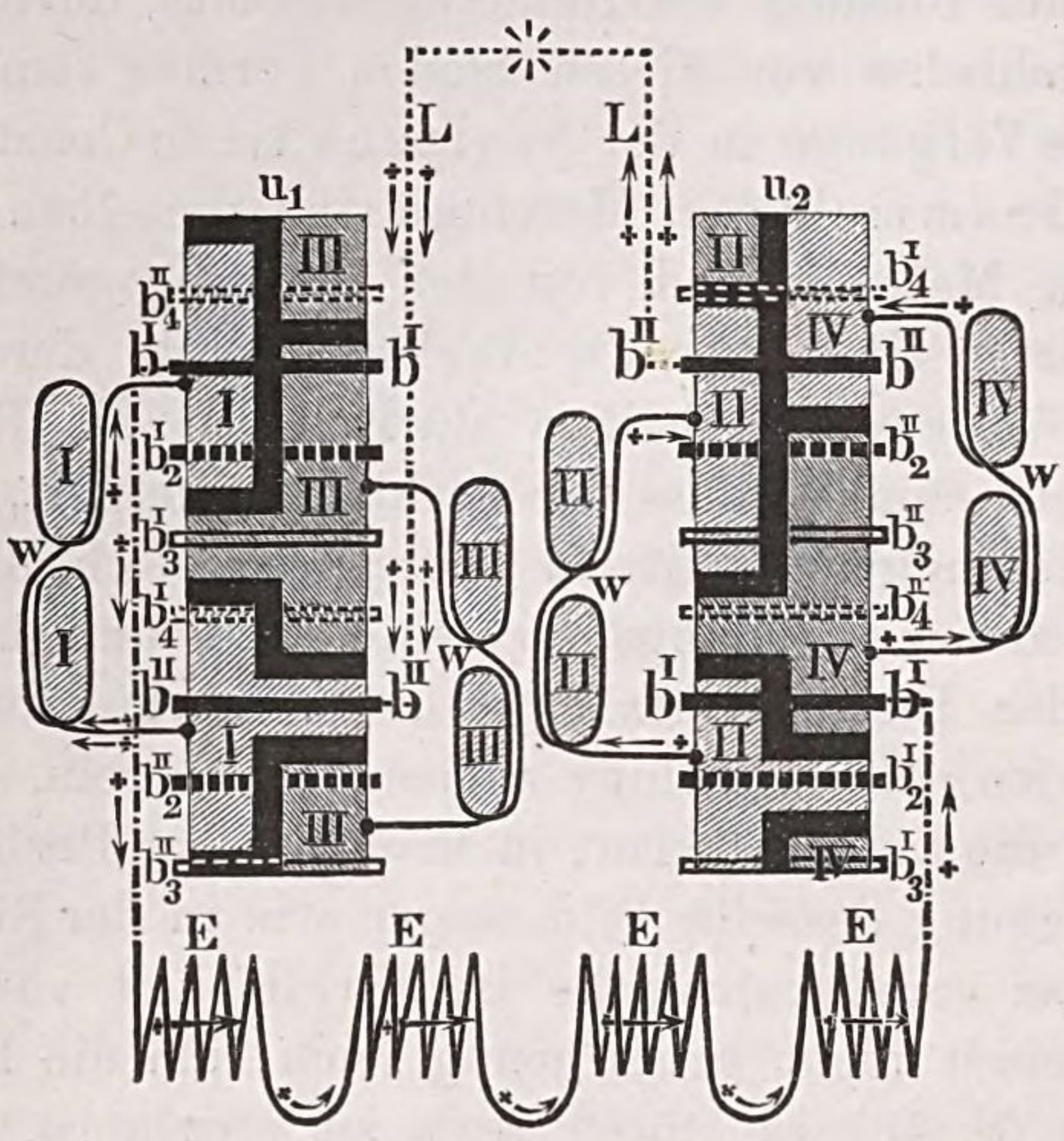
[1]) Siehe darüber auch den Nachtrag zu Abschn. I, §. 15, S. 107.

des zweiten Abschnitts (§. 18) gestellt; demnächst folgen einige leicht unterscheidbare Nachbildungen in den abweichenden Theilen; und den weitern Constructionen haben wir die dynamo-elektrische Maschine von Brush (§. 24) vorausgeschickt, nicht nur wegen ihrer ausserordentlich hohen Leistung, sondern weil sich dieselbe auch so wesentlich von der Siemens'schen und Gramme'schen Maschine unterscheidet, dass von einer Nachbildung dabei füglich nicht mehr die Rede sein kann. Der Inductor hat zwar die Ringform, wie bei Gramme, und auf den ersten Blick wird man auch an die Flachringmaschine (§. 20) erinnert; die magnetische Erregung des Ringkerns, in seinen mehrfachen Verzweigungen, und die Wirkung daraus auf Bildung des Inductionsstromes, dürfte aber doch erheblich verschieden von diesen beiden Formen sein. Am reinsten treten die Vorgänge in der Siemens'schen Construction hervor; bei der Gramme'schen Maschine sind dieselben schon mehr abhängig vom Material und von der Drehungsgeschwindigkeit; noch complicirter sind aber die Verhältnisse in der Anordnung von Brush. Für die Ruhelage dürfte sich die Polarität des Eisenringes, aus dem Einfluss der Elektromagnetpole, durch theoretische Betrachtungen ermitteln lassen; wie sich dieselbe aber unter verschiedener Drehungsgeschwindigkeit und bei der Verschiedenheit des Eisenmaterials gestaltet, möchte am sichersten aus der Wirkung der Maschine zu beurtheilen sein. Man nimmt zwar an, dass die Inductorkerne, in magnetischer Beziehung, während der Bewegung dasselbe Bild zeigen wie in der Ruhe (S. 152), setzt aber dabei voraus, dass die in Wirklichkeit vorkommenden Geschwindigkeiten nicht gross genug seien, um die Drehung der Eisenmolecüle (S. 43) zu stören resp. zu verzögern. Diese Voraussetzung dürfte indess nicht überall zutreffen. Wir haben gesehen, dass in den meisten dynamo-elektrischen Maschinen die Kerne der Inductoren nicht massiv, sondern aus Drähten, Blechen etc. gebildet sind, womit u. a. Magnetisirung und Entmagnetisirung gefördert werden sollen (S. 153), dagegen wendet Brush Gusseisen in verhältnissmässig starken Formen für den Ringkern an. Dennoch ist die Leistung seiner Maschine sehr bedeutend, und es darf angenommen werden, dass dabei nicht nur der stark entwickelte, sondern auch der sehr günstig vertheilte Magnetismus wesentlich mitwirkt, die Gleichstellung mit der Wirkung des gewöhnlichen Flachringes also nicht ohne Weiteres zu unterstellen ist.

Bei der grossen Ueberlegenheit der Brush-Maschine hat man sich in neuerer Zeit mit deren innern Verhältnissen eingehender beschäftigt [1]). Ob dabei überall das Rechte getroffen, bleibt zweifelhaft, immerhin sind die desfallsigen Betrachtungen sehr wohl geeignet, das Verständniss zu fördern. Von besonderem Interesse daraus sind die Schaltung der Maschine und der Stromlauf. Beides tritt uns deutlicher in der Fig. 173, als aus unserm frühern Bilde (Fig. 68 b) entgegen.

Der cylinderische Commutator ist in seinen beiden gleichen Theilen u_1 und u_2 als ebene Fläche dargestellt, welche den

Fig. 173.



gesammten Umfang der vier Commutatorringe präsentirt. Je zwei diametral gegenüberliegende Wicklungsgruppen *w* des Inductors (Fig. 68b und 68d), welche hier mit *w I II III IV* bezeichnet sind, schliessen an die Commutatorringe *I II III IV* an [2]).

Die vier Bürsten *b* der Fig. 68b sind durch horizontale Linien für das zu demselben Kreise gehörende Paar mit b^I und

---

[1]) Elektrotechnische Zeitschrift 1882, Heft V, S. 193.

[2]) Abweichend von der den englischen Fachschriften entnommenen Darstellung Fig. 68b ist jedes Wicklungsgruppenpaar mit je einem Commutatorringe verbunden, in der Annahme, dass dies der Wirklichkeit entspreche.

b^{II} bezeichnet, während $b^{I}_{2}\, b^{I}_{3}\, b^{I}_{4}$ resp. $b^{II}_{2}\, b^{II}_{3}$ und b^{II}_{4} verschiedene Lagen der betreffenden Bürstenpaare auf dem rotirenden Commutator markiren.

Der Anschluss der Bürstenpaare an die Elektromagnetwindungen E ist durch gebrochene, an die Leitungen L durch punktirte Linien ausgedrückt, und zwar nur für die Lage der Bürsten $b^{I}b^{I}$ und $b^{II}b^{II}$, weil wir diese Lage als den Ausgangspunkt zur Betrachtung des durch Pfeile bezeichneten Stromlaufs gewählt haben. Danach tritt der positive Strom aus Windungsgruppe $w\,I$ über den Commutatorring I an Bürste $b^{I}b^{I}$ des Commutators u_1, führt demnächst durch die vier Elektromagnetwindungen E nach Bürste $b^{I}b^{I}$ des Commutators u_2, über Ring II und IV durch die Wicklungsgruppen $w\,II$ und $w\,IV$, in Verstärkung durch den Strom derselben, nach den getrennten Theilen des Ringes II und IV, über Bürste $b^{II}b^{II}$ in die Leitung L, durch das Licht, über Bürste $b^{II}b^{II}$ des Commutators u_1, und Ring I nach seinem Ausgangspunkte (Wicklungsgruppe $w\,I$) zurück. Der Strom führt also durch drei Wicklungsgruppen, I und, in Theilung, durch II und IV; Gruppe III ist nicht betheiligt, weil dieselbe, in der Lage der Bürsten b^{I} und b^{II} des Commutators u_1, nur Anschluss an Bürste b^{I}, aber nicht an b^{II} hat, wie aus der Figur leicht erkennbar.

In der Lage der Bürsten b^{I}_{2} und b^{II}_{2} stehen dieselben aber am Commutator u_1 mit den beiden Wicklungsgruppen $w\,I$ und $w\,III$ in Verbindung, am Commutator u_2 dagegen nur mit der Wicklungsgruppe $w\,II$. Die Lage b^{I}_{3} und b^{II}_{3} verbindet am Commutator u_1 wieder nur eine Gruppe $w\,III$, am Commutator u_2 aber beide Gruppen $w\,II$ und $w\,IV$; und endlich die Lage der Bürsten b^{I}_{4} und b^{II}_{4}, am Commutator u_1 Gruppe $w\,I$ und III, am Commutator u_2 eine Gruppe $w\,IV$.

Diese vier Lagen bezeichnen den Verlauf während der ganzen Umdrehung des Commutators resp. des Inductors und das jeweilig ausgeschaltete vierte Wicklungsgruppenpaar liegt dabei stets in der neutralen Stelle des magnetischen Feldes. Von den eingeschalteten drei Wicklungsgruppenpaaren sind zwei stets parallel verbunden. Der Widerstand jedes Paares beträgt $3\,S.E$, der so verbundenen drei Gruppen also $3 + \frac{3}{2} = 4{,}5\,S.E$ (S. 14); dazu der Widerstand der vier Elektromagnetschenkel mit $6\,S.E$,

(S. 168) ergiebt einen Gesammtwiderstand innerhalb der Maschine von 10,5 *S.E.* Die Elektromagnete sollen aus 4 mm starkem Kupferdraht gebildet, jeder Schenkel würde somit, nach früherer Rechnung (S. 37), mit circa 1100 m solchen Drahtes bewickelt sein.

Im Betriebe von 16 Lichtern (à 4,5 *S.E* Widerstand) bei 770 Umdrehungen in der Minute soll die elektromotorische Kraft zu 839 Volt's (Daniell), die Stromstärke zu 10 Ampère (Weber) gemessen sein. Die grössere Maschine (40 Lichtmaschine) enthält 12 Windungsgruppen und 6 Commutatorringe (3 Commutatoren), deren Verbindung mit den freien Drahtenden der Inductorwindungen, wie bei allen Brush-Maschinen, innerhalb der hohlen Drehungsachse erfolgt, welche durch Kammlager gegen Verschieben in der Längenrichtung gesichert ist.

Betreffs der Behauptung Perry's, dass es zur Fortleitung starker elektrischer Kräfte selbst auf grosser Entfernung nur gewöhnlichen Telegraphen-Leitungsdrahts bedürfe, wurde am Schlusse des Vortrags aus dem Auditorium bemerkt, dass die enorme Potentialdifferenz an beiden Enden des Drahts und die grosse, den Draht durchfliessende Elektricitätsmenge eine zur Schmelzung desselben mehr als genügende Hitze hervorbringen müsse. Perry erwiderte darauf, dass die Elektricitätsmenge nur ein Factor der nutzbaren Energie (Potential × Quantität) sei, dass man durch beliebige Verkleinerung des einen und gleichzeitig entsprechende Vergrösserung des andern Factors, das Product stets in gleicher Höhe erhalten könne; und obwohl man höchst wahrscheinlich nie im Stande sein würde, die erforderliche vollkommene Isolation praktisch zu verwirklichen, so sei doch seine Behauptung theoretisch begründet. Dazu führte Professor Ayrton weiter aus, dass sich Perry nicht bezogen habe auf die Potentialdifferenz an den beiden Enden des Telegraphendrahts, weil natürlich im Falle grosser Differenz zwischen diesen Punkten, auch ein starker Strom im Draht circuliren müsse, sondern auf die Potentialdifferenz zwischen je einem Ende des Drahts und der Erde (Erde = Null, siehe Anmerkung zu S. 16); erstere müsse sehr klein, die Potentialdifferenz zwischen irgend einem Punkte des Drahts und der Erde aber ausserordentlich gross sein, so dass am Niagara viel Arbeit übertragen und in Neu-York viel Arbeit gewonnen werden könne, der von der Potentialdifferenz der Drahtenden abhängige Strom aber sehr schwach sei, weil beide Potentiale zwar sehr hoch aber nahezu

gleich wären; demzufolge würde der Energieverlust durch elektrische Reibung (Leitungswiderstand) nur klein sein [1]).

Hiernach bezieht sich die Behauptung Perry's, dass der gewöhnliche Telegraphendraht genüge, die Beleuchtung etc. grosser Plätze aus bedeutender Entfernung mittelst dynamo-elektrischer Maschinen zu bewirken, nicht auf die Vertheilung des elektrischen Stromes zur directen Bildung des Lichts, sondern auf billige Beschaffung der zum Betriebe von Lichtmaschinen erforderlichen mechanischen Kraft, welche er für New-York aus den Niagarafällen zu entnehmen gedenkt. Zu einem ähnlichen Resultat sind Thomson und Houston [2]) in Bezug auf dasselbe Beispiel gekommen, wonach sich die Kraft der Niagarafälle, auf die Entfernung von 500 engl. Meilen, mittelst eines Kupferdrahts von 13 mm Durchmesser übertragen lasse, wenn also der Vergrösserung der elektromotorischen Kraft, durch Hintereinanderschaltung mehrerer dynamo-elektrischer Maschinen (§. 15, S. 107), die verlängerte Leitung resp. der vergrösserte Leitungswiderstand entspreche.

---

[1]) Für diese erläuternden Ausführungen ist volles Verständniss durch den Inhalt des vorliegenden Werkes nicht gesichert. Es handelt sich dabei um die Uebertragung der am Niagara gewonnenen mechanischen Kraft nach New-York, welche erst hier wieder, in der Wirkung auf die Lichtmaschine, in elektrische Energie, zur Bildung des elektrischen Lichts, umgewandelt wird. Diese Kraftübertragung ist zwar auch für den Beleuchtungstechniker von grosser Bedeutung, wird aber von uns in besonderm Theile „Elektrische Uebertragung mechanischer Arbeit" unserer elektrotechnischen Bibliothek behandelt.

An dieser Stelle wollen wir darüber nur bemerken, dass der Inductor einer gewöhnlichen dynamo-elektrischen Maschine in Drehung versetzt wird, sobald man durch die Windungen derselben den Strom einer andern dynamo-elektrischen Maschine leitet. Die Erklärung für diese Erscheinung, welcher wir bereits in der elektrischen Lampe von Tschikoleff (§. 49) begegnet sind, ist durch unsere Betrachtungen über die Einwirkung des elektrischen Stromes auf einen vom Strom durchflossenen beweglichen Leiter gegeben (S. 194). Es kann also die zur Bildung des Stromes auf die stromgebende Maschine verwendete mechanische Arbeit, innerhalb der zweiten Maschine, als solche wiedergewonnen werden, durch Rückbildung der Elektricität in Bewegung, allerdings mit Verlust, wie bei der Umsetzung mechanischer Arbeit in Elektricität, welcher beim dermaligen Stande der elektrischen Kraftübertragung etwa 40 bis 50 Procent beträgt.

[2]) Higgs. Electric Transmission of Power. London 1879. Verlag E. & F. Spon.

Soll aber der durch Naturkräfte, in Einwirkung auf die dynamo-elektrische Maschine, gewonnene Strom zur Lichtbildung direct verwendet werden, wie beim Gebrauche von Dampfmaschinen oder anderer Motoren meist der Fall, so macht man den Widerstand des gesammten äussern Kreises abhängig vom Widerstande der dynamo-elektrischen Maschine oder umgekehrt, und zwar nach Maassgabe unserer Betrachtungen im §. 3, zur Erzielung der Maximalwirkung resp. zur Abwendung nutzlosen Wärmeverlustes. Und je geringer zu letzterm Zwecke der Widerstand der dynamo-elektrischen Maschine, desto grössern Querschnitts bedarf es für längere Leitungen, welcher sich für jede Widerstandsgrösse nach der Anmerkung zu S. 37 berechnet. Ueberall, wo der elektrische Strom direct zur Lichtbildung benutzt wird, muss derselbe auch in den Leitungen in solcher Stärke auftreten, dass die darin eingeschalteten Lampen die verlangte Leuchtkraft auszugeben im Stande sind. Wir unterscheiden dabei bekanntlich die Hintereinanderschaltung von der Parallelschaltung der Lampen. Bei ersterer ist die Stromstärke in allen Punkten der Leitung, also auch innerhalb jeder eingeschalteten Lampe dieselbe, bei letzterer muss dagegen die Potentialdifferenz zwischen den beiden Enden der ungetheilten oder Hauptleitung, aus welcher die Nebenleitungen verzweigen, so gross sein, dass diese die ihren Widerständen entsprechenden Stromstärken daraus empfangen können. Je länger dabei die Hauptleitung, desto grösserer elektromotorischer Kraft bedarf es für die dynamo-elektrische Maschine, desto grössern Querschnitts für die Leitung, um deren Erwärmung zu unterdrücken, während sich die Stromstärke in der Hauptleitung nach dem Umfange der Leitungsverzweigung bestimmt. W. Thomson [1])

---

[1]) „Elektricität“, Jahrgang 1881, Nr. 20.

Thomson ermittelt hier den Querschnitt der Leiter durch Vergleichung der Zinsen des im Leiter angelegten Capitals mit den Kosten der durch Fortführung des elektrischen Stromes, in der Erwärmung des Leiters, verlorenen Arbeit. Er bestimmt dieselbe nach dem Joule'schen Gesetz, worin er den Widerstand durch den specifischen Widerstand des Materials und den Querschnitt (als unbekannte Grösse) ausdrückt (S. 37), und berechnet demnächst die Kosten des Verlustes aus dem Geldwerth der Arbeitseinheit. Nach Hinzunahme der Zinsen aus dem Metallwerth der Leitung findet Thomson den zulässig geringsten Querschnitt und gelangt durch Einführung von bekannten Zahlenwerthen für den Kupferleiter zu der Formel:

nimmt an, dass ein Strom von etwa 240 Ampère's (Weber's) Stärke ausreicht, um New-York zu beleuchten, der also in der Leitung nach dem Niagara circuliren müsste, was nach seinen Ermittlungen einen Kupferleiter von circa 12 qcm Querschnitt oder circa 39 mm Durchmesser fordert, vorausgesetzt, dass sich die Isolirung desselben in der erforderlichen Höhe erreichen lässt.

Wir überzeugen uns aus diesen Betrachtungen, dass in Anwendung der elektrischen Kraftübertragung an Leitungsmaterial erspart werden kann und dass von der elektrischen Uebertragung mechanischer Kräfte mit Vortheil Gebrauch zu machen, wo es sich um die Ausnutzung von Naturkräften aus grossen Entfernungen handelt. Diese Uebertragung kommt nicht in Betracht, wenn die Lichtmaschine durch einen Motor getrieben wird, welcher in der Nähe des zu beleuchtenden Raumes Aufstellung erhalten kann.

$$q = J\sqrt{\frac{p\,e}{13{,}8}},$$

worin q der Querschnitt des Leiters in qcm, J die Stromstärke in Weber's, p die Dauer der elektrischen Arbeit, wobei der ununterbrochene Betrieb als Einheit betrachtet wird, und e der Geldwerth der Arbeitseinheit (Pferdekraft) pro Jahr, ebenfalls bezogen auf einen für bestimmte Verhältnisse ermittelten Einheitssatz (hier 10 Pfdstrlg.).

Daraus ergiebt sich, wenn $p = 0{,}5$ (elektrische Arbeit von 12 Stunden täglich pro Jahr) und $e = 1$, Bedingungen, welche der Versorgung von Städten mit Elektricität entsprechen,

$$q = J\sqrt{\frac{1}{27{,}6}} = 0{,}19\,J,$$

wonach der Querschnitt der Leitung in qcm etwa den fünften Theil der in Ampère's (Weber's) ausgedrückten Stromstärke J betragen muss. Wenn aber $p = 1$ (unausgesetzter Betrieb durch Tag und Nacht) und $e = \frac{1}{27{,}6}$ (1900 Pfdstrlg. pro Jahr als der Werth von 5250 Pferdekräften), so wird $q = \frac{J}{\sqrt{381}}$ = circa $0{,}05\,J$.

Unter der Annahme, dass $J = 240$ (Thomson unterstellt, dass ein Strom von 240 Ampère's Stärke ausreiche, um von den Niagarafällen 2100 Pferdekraft 300 Meilen fortzuleiten und der Preis der Arbeitseinheit aus dem Niagara etwa dem hier ausgeworfenen Werthe entspreche), berechnet sich für den Kupferleiter ein Querschnitt von 12 qcm, also für den runden Leiter ein Durchmesser von 39 mm, welcher selbstverständlich, zur bequemern Führung in der Parallelschaltung der Leitungen, aus mehreren dünnern Drähten gebildet sein könnte, deren Querschnittssumme dem Querschnitt von 12 qcm entspricht (S. 14).

Wenn aber innerhalb grosser Städte die elektrische Beleuchtung verschiedener, weit von einander entfernter Punkte verlangt wird, während die Vertheilung der Elektricität von einem Centralpunkt aus erfolgt, sei es wegen Vorhandenseins geeigneter Naturkraft, sei es in Absicht billiger Erzeugung der Elektricität durch grosse vollkommene Dampfmotoren (S. 2), so dürfte es unter Umständen angezeigt sein, die Kraftübertragung mit der directen Vertheilung des elektrischen Stromes zu combiniren, in der Weise, dass für entfernte Stadttheile besondere Centralpunkte eingerichtet werden, denen die mechanische Kraft zum Betriebe der Lichtmaschinen von der Haupt-Centralstelle durch den elektrischen Strom geliefert wird, während für näher liegende Punkte die directe Stromvertheilung zur Anwendung kommt. Ob und in welchem Umfange zur Unterstützung der Beleuchtung von der elektrischen Kraftübertragung Gebrauch zu machen, lässt sich nur in Erwägung der örtlichen Verhältnisse entscheiden; es kommen dabei in Betracht, die Kosten für die Leitung und für die Maschinen, in Verbindung mit dem Verlust an mechanischer Arbeit durch die Kraftübertragung, die Wahl der Maschinen und deren Schaltung. Die darauf gerichteten Fragen lassen sich ohne nähere Bekanntschaft mit der elektrischen Kraftübertragung nicht beantworten, weshalb wir uns darauf beschränken müssen, lediglich die Installation für directe Vertheilung der Elektricität zur Bildung des elektrischen Lichts zu betrachten.

Man wird dabei zu unterscheiden haben, die Installationen in Privaträumen und die für den öffentlichen Gebrauch, sofern bei erstern durch Verbote dafür gesorgt werden kann, dass unbefugte Personen mit der Anlage nicht in Berührung kommen, während letztere volle Sicherheit schon in der technischen Anordnung bieten müssen. In beiden Fällen wird auch die erforderliche Sicherheit gegen Feuersgefahr zu suchen sein; im letzten Falle eventuell ausreichender Schutz für Gesundheit und Leben lediglich durch das technische Arrangement (S. 146 und 454).

Die grössere oder geringere Vollkommenheit der elektrischen Beleuchtung wird im Allgemeinen von den Bedingungen abhängen, unter denen die Anlage gewünscht wird. So können gegeben sein, der zu beleuchtende Raum mit unveränderlicher innerer Einrichtung oder mit zugelassenen Veränderungen, namentlich auch im Arrangement der Arbeitsplätze etc., ferner die Motoren zur freien,

unbeschränkten Verfügung oder nur für disponible Kräfte, die Lichtmaschinen und Lampen. Je weniger Beschränkungen, desto freier ist die Bewegung; werden dem Elektrotechniker die Motoren, Lichtmaschinen und Lampen zur freien Wahl überlassen, so können grössere Anforderungen an die Beleuchtung gestellt werden, und wenn dieselbe schon für Neubauten vorgesehen, dann ist man berechtigt, die höchste Leistung zu verlangen, nicht nur für den Effect, sondern auch für die Oekonomie.

Ist ein gegebener Raum, in gegebener Benutzung, bei disponibler Triebkraft, durch gegebene Lichtmaschinen und Lampen zu beleuchten, so wird es darauf ankommen, die disponible Kraft unabhängig zu machen, die Lampen vortheilhaft zu placiren und im Uebrigen die Oekonomie in der Schaltung und im Widerstande der Leitung zu suchen, während in anderen Fällen auch die zweckmässigste Wahl in Motoren, Lichtmaschinen und Lampen, sowie in Ausstattung und Benutzung des zu beleuchtenden Raumes resp. in der Formbildung desselben zu treffen sein wird.

Wo es sich um die Unterhaltung einzelner Flammen geringerer Stärke handelt, sollte zur Abwendung von Täuschungen, von Haus aus darauf aufmerksam gemacht werden, dass Anlage und Betrieb mit mehr oder weniger grössern Kosten verknüpft ist, in ähnlicher Weise, als ob für einzelne Gasanlagen besondere Einrichtungen zur Erzeugung des Gases getroffen werden müssten; eine solche Aufklärung erscheint uns im Interesse der elektrischen Beleuchtung auch überall nothwendig, wo die Gasbeleuchtung bessere Oekonomie verspricht, sofern nicht etwa die Ueberlegenheit des elektrischen Lichtes besonders gesucht werden sollte.

In jedem Falle sollte der elektrischen Beleuchtung stets ein detaillirter Plan zu Grunde liegen, welcher ergiebt, die an die Beleuchtung gestellte Aufgabe mit genauen Angaben über die Lage, Beschaffenheit und Dimensionen der zu beleuchtenden Räume, deren Bestimmung und innere Einrichtung; Beschaffenheit, Aufstellung und Leistung der für die Beleuchtung zu verwendenden Maschinen und Lampen, deren Schaltung und Vertheilung der Lampen; specielle Angaben über die Leitung in den verschiedenen Theilen (S. 128), namentlich auch über deren Widerstand, Isolation, Lage, Umgebung und Befestigungsart, über Stromstärken, elektromotorische Kraft der Maschinen und über die Widerstände der Maschinen und Lampen. Derartige Pläne würden

nicht nur das Mittel bieten, die Zweckmässigkeit der Anlage und die Betriebssicherheit vor der Ausführung zu beurtheilen (S. 146 und 454), sondern auch eine sichere Unterlage für den Kostenüberschlag liefern, sowohl für die Anlage- wie für die Betriebskosten.

Soweit es sich um die Kosten für Maschinen, Lampen, Leitungsmaterial und Arbeitsausführung, sowie um die Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals etc. handelt, begegnen wir hier keinen grössern Schwierigkeiten, als bei der Berechnung anderer maschinellen Anlagen. Die Oekonomie darin für zweckmässige Anlagen zu beobachten, hat der Elektrotechniker in erster Linie ins Auge zu fassen, wozu die Ausführungen in vorliegendem Werke den erforderlichen Anhalt geben. Die darin behandelten Messungen [1]) (§. 16) bieten uns die Mittel zur Gewin-

---

[1]) Dass diese Messungen leicht ausführbar sind und mit möglichst wenig Zeitverlust erfolgen, ist für die Beleuchtungspraxis besonders wünschenswerth. Es sind deshalb auch die Bestrebungen zu schätzen, welche sich auf die Construction handlicher, möglichst einfacher Instrumente richten, mittelst deren die zur Beurtheilung der Betriebsverhältnisse erforderlichen Angaben direct in den bekannten Maasseinheiten geliefert werden. In dieser Richtung sind Ayrton und Perry besonders thätig gewesen. Aus §. 16 haben wir bereits kennen gelernt, deren Am-Messer zur Ermittlung der Stromstärken (S. 114), auch ist daselbst (S. 117) deren Volt-Messer zur Bestimmung der elektromotorischen Kraft in Volt's (Daniell's) und deren Kraftmesser zur Ermittlung der nutzbaren Arbeit des Stroms, ausgedrückt in Pferdekräften, Erwähnung geschehen. In gleichem Maasse bequem zu benutzen ist aber auch deren Ohm-Messer zur Bestimmung von Widerständen in Ohm's (*S. E*), deren Elektrodynamometer zum Messen der Stromstärken im Wechselstrombetriebe, deren Stromschwankungsmesser, welcher den Wechsel in den Stromstärken anzeigt, sowie deren Dynamometer zur Bestimmung der Pferdekräfte, welche auf die Lichtmaschine übertragen wird. (Sämmtliche Instrumente von Ayrton und Perry werden von E. J. Paterson angefertigt. St. Pauls Works, 76. Little Britain, E. C. London.)

Volt-Messer und Ohm-Messer sind vom Am-Messer wenig unterschieden. Ersterer ist mit Windungen von 400 Ohm's (*S. E*) Widerstand versehen; der Ohm-Messer führt statt des permanenten Magneten einen Elektromagneten von 400 Ohm's Widerstand, während die andern Windungen der Einrichtung des Am-Messers genau entsprechen. Die Ablenkung der Nadel misst das Verhältniss der Stromstärken in beiden Drähten. Fliesst durch einen derselben der Strom des Lichtkreises und sind die Enden der 400 Ohm-Wicklung mit zwei Punkten desselben verbunden, so ist der in dieser Wicklung circulirende Strom proportional der Potentialdifferenz der beiden Punkte, somit die Nadelablenkung das

nung der erforderlichen Daten. Danach lassen sich Maschinen und Lampen im kurzen Schluss prüfen, die Widerstände der Leitungen messen und berechnen. Betreffs der Maschine interessiren zunächst deren elektromotorische Kraft und Leitungswiderstand. Für die Dynamomaschine ist erstere zwar mit abhängig vom äussern Widerstande der Leitung (S. 36), immerhin ist die elektromotorische Kraft auch für diese Maschine, und zwar im kurzen Schluss derselben und bei bestimmter Tourenzahl, als Constante zu betrachten.

Wir wissen, dass sich diese Kraft mit der Umdrehungsgeschwindigkeit verstärkt, sowie dass die Tourenzahl ihre Grenze findet, theils in dem soliden Bau der Maschine, theils in dem

---

Verhältniss der Potentialdifferenz zur Stromstärke oder das Maass für den Widerstand des betreffenden Theiles der Leitung.

Der elektrische Kraftmesser (Lichtbogenpferdestärkemesser) führt, neben der Einrichtung des Am-Messers, eine bewegliche Wicklung von 400 Ohm's Widerstand, in ähnlichem Arrangement wie für Fig. 40, welche eine Nebenschliessung zwischen zwei Punkten des Stromkreises bildet resp. in solcher Verbindung in denselben eingeschaltet wird, während der Hauptstrom durch die feste Wicklung führt. Seine Ablenkung ist proportional dem Producte aus der Potentialdifferenz dieser beiden Punkte des Stromkreises und der Stromstärke.

Dem elektrischen Kraftmesser ähnlich ist das Elektrodynamometer, mit kleinen Widerständen in den Windungen. Die Ablenkung der beweglich aufgehängten Windung repräsentirt das mittlere Quadrat der Stärke des durch beide Windungen circulirenden Stromes, so dass das Instrument auch schnell auf einander folgende Ströme entgegengesetzter Richtung misst.

Der Stromschwankungsmesser ist ein Inductionsapparat (Fig. 153c), dessen primäre Spirale den zu controlirenden Strom leitet. Die secundäre Spirale, deren Widerstand dem der primären gleich, ist mit dem Elektrodynamometer verbunden, welches die mittlere Stromstärke in der secundären Spirale misst. Dieselbe ist stromlos, so lange sich der Strom der primären Spirale constant erhält, während jeder Wechsel darin einen Strom in der secundären Spirale bildet, somit die Ablenkung des Elektrodynamometers ein Maass für die Ungleichmässigkeit des primären Stromes.

Das Dynamometer zur Bestimmung der auf die Lichtmaschine übertragenen Pferdekräfte, beschrieben und abgebildet in der den Vortrag des Professor Perry behandelnden Broschüre (S. 400, Anmerkung 2), zählt nicht zu den elektrischen Messinstrumenten. Aus diesem Grunde ist desselben im §. 16 nicht Erwähnung geschehen, und sehen wir auch an dieser Stelle von einer Beschreibung der Construction Ayrton und Perry ab.

Grad ihrer Erwärmung (S. 52); und da die Erwärmung abhängig ist von der Dauer des Betriebes, so ist die zulässige Tourenzahl mit bestimmt durch die desfallsige Anforderung an die Beleuchtung. Zur vollkommenen Ausnutzung der Maschine wird man die höchste zulässige Tourenzahl für den Betrieb zu wählen und danach die elektromotorische Kraft der Maschine zu bestimmen haben, indem man bei dieser Tourenzahl, im kurzen Schluss, die Potentialdifferenz an beiden Polen misst. Aus der elektromotorischen Kraft und dem Widerstande der Maschine berechnet sich die Stromstärke, welche überdies auch leicht direct zu ermitteln ist (S. 114). Mittelst dieser Grössen sind wir im Stande, den Kraftbedarf für die Lichtmaschine respective den Verbrauch an Kohlen bei Anwendung von Dampfmaschinen, Gas bei Gaskraftmaschinen etc. zu bestimmen (S. 48). In ähnlicher Weise lässt sich der Kraftbedarf für die, mit der gewünschten Lichtstärke, im kurzen Schluss brennenden Lampe ermitteln. Die Potentialdifferenz, an beiden Endpunkten derselben gemessen, giebt die elektromotorische Kraft, während die Stärke des zur Lichtbildung erforderlichen Stromes direct oder durch Rechnung aus der elektromotorischen Kraft und dem Widerstande der Lampe zu bestimmen ist.

Beispiele für den Kraftbedarf der Maschinen und Lampen sind in unseren Ausführungen, unter andern auf den Seiten 58 und 121, gegeben.

Wir sehen daraus für den speciellen Fall, welcher Theil der vom treibenden Motor gelieferten Kraft in Elektricität umgesetzt, welcher Theil davon auf die Lichtbildung entfällt, also nutzbar wird, wie viel der treibenden Kraft durch Reibungswiderstände und secundäre Wirkungen innerhalb der Maschine verloren geht. Ob das Einzellicht oder das getheilte Licht zur Verwendung kommt, ändert im Wesentlichen nichts. Die Ausführungen auf S. 169 belehren uns darüber, dass bei Unterhaltung von 16 Flammen in demselben Kreise, durch 15,5 Pferdekräfte mechanischer Arbeit, 80 Proc. derselben im elektrischen Strom umgesetzt werden und davon 84 Proc., also etwa 69 Proc. der ganzen mechanischen Kraft zur Lichtbildung nutzbar wird. Bei langen Verbindungsleitungen, deren Widerstand nicht vernachlässigt werden darf, ist in geeigneten Fällen die Flammenzahl diesem Widerstande entsprechend zu vermindern, so dass beispielsweise eine 16 Licht-

maschine nicht 16 Lampen, sondern nur soviel davon unterhält, dass der Gesammtwiderstand der äussern Leitung, einschliesslich des Widerstandes der Lampen, die Summe der Widerstände sämmtlicher Lampen nicht überschreitet, für welche die Maschine speciell construirt ist. Parallelschaltungen und sonstige Leitungsverzweigungen sind nach den Gesetzen der Stromvertheilung [1]) zu beurtheilen.

Der erste Abschnitt unserer Arbeit giebt Auskunft über das Verhältniss der Widerstände in Lichtkreisen resp. über den Einfluss dieses Verhältnisses auf die Lichtbildung (§. 3), wonach sowohl für gegebene Maschinen der Widerstand der äussern Leitung, wie auch für die gegebene äussere Leitung resp. gegebene Lampen die zweckmässigste Wicklung der Maschine zu bestimmen ist. Es wird der erforderliche Anhalt geliefert zur Bestimmung der Dimensionen des Leiters für jede Widerstandsgrösse (§. 6), zur Verwendung verschiedener Motoren (§. 7), für zweckmässigste Placirung der Lampen in Wechselströmen und im Betriebe mit continuirlichem Strom (§. 10), über das Verhältniss des getheilten Lichts zum Einzellicht (§. 11), den Grad der Beleuchtung in geschlossenen und offenen Räumen (§. 12), über den Einfluss aus der Verbindung mehrerer Lichtmaschinen untereinander (§. 15), etc. kurz über alle einfachen Fragen, welche bei Feststellung des geeignetsten Arrangements für die elektrische Beleuchtung und behufs Ermittlung der Anlage- und Betriebskosten in Betracht kommen.

Paragraph 3 zeigt im Allgemeinen den zur Vergrösserung des Nutzeffects aus dem elektrischen Strome einzuschlagenden Weg. Den für bestimmte Ziele höchsten Effect zu erreichen, ist Sache der Construction und der Installation, sei es in Anordnung der innern Verhältnisse des Apparats, sei es in Bestimmung des Widerstandes resp. des Querschnitts der äussern Leitung.

W. Thomson hat darüber eine Rechnung aufgemacht [2]), welche die günstigsten Widerstände für die dynamo-elektrische Maschine (Elektromagnete und Inductor) und für den äussern Schliessungskreis trifft.

---

[1]) In der Anmerkung zu Seite 91 sind die einfachsten Gesetze der Stromverzweigung ausgedrückt. Weiteres über diesen Gegenstand findet sich in Merling's Telegraphen-Technik (Anmerkung S. 130).

[2]) Report of the British Association for the Advancement of Science 1881. Seite 528.

Bei der praktischen Bedeutung dieser Frage lassen wir die Ausführungen Thomson's, auf Grund der Darstellung in der elektro-technischen Zeitschrift, Heft IV, pro 1882, Seite 154 ff., unter Einführung der uns geläufigen Grössenbezeichnung, in der an dieser Stelle zulässigen Kürzung folgen.

Das Gesammtvolumen V eines mit isolirender Hülle bekleideten Kupferdrahts, einschliesslich der Isolirung ist gleich QL, das heisst gleich dem Product aus dem Gesammtquerschnitt Q, incl. Hülle, und der Länge L des Drahts; sein Widerstand $W = \frac{n s L}{Q} = \frac{n s V}{Q^2}$ (S. 37), worin n das Verhältniss des Gesammtvolums V zum Volumen des Kupfers $\left(\frac{1}{n} V \text{ als Volumen des Kupfers}\right)$ und s der specifische Widerstand (S. 9) des Kupfers. Hieraus ist:

$$1)\quad Q = \frac{\sqrt{n s V}}{\sqrt{W}} = \frac{c}{\sqrt{W}} \quad \text{für den Elektromagnet}$$

(c als Constante) und

$$2)\quad Q_1 = \frac{\sqrt{n_1 s_1 V_1}}{\sqrt{W_1}} = \frac{c_1}{\sqrt{W_1}} \quad \text{für den Inductor (Anker).}$$

Wenn J die Stärke des den Elektromagnet und J_1 des den Inductor durchfliessenden Stromes, v die Geschwindigkeit des Inductors und E die mittlere elektromotorische Kraft zwischen beiden Enden des Inductordrahts (Potentialdifferenz), dann ist:

$$3)\quad E = C \frac{J}{Q} \cdot \frac{1}{Q_1} v,$$

worin C abhängig von den Formen, Dimensionen und relativen Lagen V und V_1 zu einander, sowie von der magnetischen Capacität des Eisens.

In den Dynamomaschinen mit einfachem Stromkreise ist $J = J_1$. Dies trifft also nicht zu, wenn der Strom des Inductors nur theilweise durch die Elektromagnetwindungen fliesst (S. 318, Anmerk. 2); in beiden Fällen ist aber die in Elektricität umgesetzte mechanische Energie gleich EJ_1, oder nach Gleichung 3):

$$4)\quad C \frac{J J_1}{Q Q_1} v,$$

und mit den Werthen für Q und Q_1 aus den Gleichungen 1) und 2):

$$5)\ \frac{C\sqrt{W W_1}\, J J_1\, v}{c\, c_1}.$$

Von der Gesammtarbeit geht bekanntlich ein Theil in den Drähten als Wärme verloren, während der andere im äussern Stromkreise nutzbar wird.

Der Werth der verlorenen Arbeit ist:

$$6)\ W J^2 + W_1 J_1^2 \text{ (Joule'sches Gesetz)};$$

der nutzbaren Arbeit also:

$$7)\ \frac{C\sqrt{W W_1}\, J J_1\, v}{c\, c_1} - (W J^2 + W_1 J_1^2).$$

Je grösser die Drehungsgeschwindigkeit v, desto günstiger wird das Verhältniss der verlorenen zur nutzbaren Arbeit.

Es kommt nun darauf an, die Widerstandswerthe W und W_1 festzustellen, bei welchen dieses Verhältniss für eine gegebene Geschwindigkeit ein Minimum wird oder das Minimum der Geschwindigkeit für einen gegebenen Werth dieses Verhältnisses zu bestimmen.

Bezeichnen wir dasselbe mit R, so ist nach den Gleichungen 5) und 6):

$$8)\ R = \frac{C\sqrt{W W_1}\, J J_1}{W J^2 + W_1 J_1^2} \cdot \frac{v}{c\, c_1},$$

und für die Dynamomaschine mit einfachem Stromkreis ($J = J_1$):

$$9)\ R = \frac{C\sqrt{W W_1}}{W + W_1}\, \frac{v}{c\, c_1}, \text{ oder } W + W_1 = W_2$$

resp. daraus $W_1 = W_2 - W$ gesetzt

$$10)\ R = \frac{C\sqrt{W (W_2 - W)}\, .\, v}{W_2\, c\, c_1}.$$

Ist W_2 gegeben und wird C für einen Augenblick als constant angenommen, so müsste, um R ein Maximum werden zu lassen, wenn auch v gegeben, oder v ein Minimum, wenn R gegeben ist, $W (W_2 - W)$ ein Maximum werden. Dies ist der Fall, wenn $W = \frac{W_2}{2}$, also die Widerstände des Inductors und der Elektro-

magnete einander gleich sind (S. 106). C ist aber in Wirklichkeit nicht constant. Sein Werth vermindert sich mit Vergrösserung der magnetisirenden Kraft. Da dieselbe weniger vom Eisenkern des Inductors als des Elektromagneten abhängig (Anmerkung zu S. 200), so muss, wenn die anderen Grössen constant bleiben, C kleiner werden bei wachsendem W und bei abnehmendem W_1. Folglich wird W_1, nach Gleichung 10), für das Maximum von $\frac{R}{v}$ grösser sein müssen als $\frac{W_2}{2}$.

Das Verhältniss dafür ist aber, bei mangelnder Bekanntschaft mit dem Gesetze der Veränderungen von C, nicht abzuleiten.

Die Praxis findet sich in Uebereinstimmung mit dieser Theorie, wenn der Widerstand der Elektromagnete ein wenig kleiner gehalten wird, als der Inductorwiderstand.

Wenn nun der in der Maschine mit einfachem Stromkreise circulirende Strom J den äussern Kreis vom Widerstande W_3 durchfliesst, so ist nach dem Ohm'schen Gesetze:

$$11)\quad J = \frac{E}{W_3 + W + W_1}$$

oder unter Benutzung der Gleichungen 3), 1) und 2):

$$12)\quad J = J\,\frac{C\sqrt{W\,W_1}\,v}{c\,c_1\,(W_3 + W + W_1)}.$$

Dieser Gleichung wird genügt durch $J = 0$ und durch:

$$13)\quad C = \frac{c\,c_1\,(W_3 + W + W_1)}{\sqrt{W\,W_1}\,v}.$$

Der Fall von $J = 0$ ist derjenige, in welchem

$$14)\quad v < \frac{c\,c_1\,(W_3 + W + W_1)}{C_0\sqrt{W\,W_1}},$$

worin C_0 den Werth bezeichnet, den C für $J = 0$ annimmt. Für alle Geschwindigkeiten, welche dieser Gleichung genügen, bringt die Maschine keinen Strom hervor, wobei aber auf remanenten Magnetismus (S. 29) nicht gerechnet ist. Wird diese Grenze überschritten, so bildet sich der Strom und nimmt schnell in seiner Stärke zu bis zu der durch Gleichung 13) bestimmten Grenze, und zwar im Verhältniss der von demselben bewirkten Abnahme von C.

Betrachtet man also C als eine Function von J, so stellt die Gleichung 13) den mathematischen Ausdruck der Stärke des durch die Dynamomaschine erzeugten Stromes dar, wenn dieselbe ihren stationären Zustand erreicht hat.

Setzt man den Ausdruck 13 in die Gleichung 10), so erhält man:

$$15)\quad R = \frac{W_3 + W_2}{W_2}.$$

Fliesst in der Dynamomaschine der Strom des Inductors nur mit einem Theile durch die Elektromagnetwindungen, wird also der Elektromagnet nur durch einen Theil- oder Zweigstrom nach dynamo-elektrischem Princip angeregt, theilt sich somit der Gesammtstrom J_1 des Inductors in zwei Ströme, und zwar in J für den Elektromagnet und $J_1 - J$ für den äussern Stromkreis, so haben wir (Anmerkung zu S. 91) $J : J_1 - J = W_3 : W$ und:

$$16)\quad J\,W = (J_1 - J)\,W_3 \text{ oder } J = J_1\,\frac{W_3}{W + W_3}.$$

Nach dem Joule'schen Gesetz ist die in der Zeiteinheit geleistete Arbeit:

$$17)\left\{\begin{array}{l}\text{Für den Inductor, mit dem Widerstande } W_1,\ J_1^2\,W_1,\\ \text{„ \quad „ Elektromagnet, mit dem Widerstande } W,\\ \quad J_1^2\left(\frac{W_3}{W + W_3}\right)^2 W \quad (\text{aus } J^2\,W)\\ \text{Für den äussern Stromkreis, mit dem Widerstande } W_3,\\ \quad J_1^2\left(\frac{W}{W + W_3}\right)^2 W_3 \quad (\text{aus } (J_1 - J)^2\,W_3)\end{array}\right\}\text{Anmerkung zu S. 91.}$$

Nennen wir R_1 das Verhältniss der Gesammtarbeit zu der im äussern Stromkreise geleisteten Arbeit, so ist:

$$18)\quad R_1 = \frac{W_1 + W\left(\frac{W_3}{W + W_3}\right)^2 + W_3\left(\frac{W}{W + W_3}\right)^2}{W_3\left(\frac{W}{W + W_3}\right)^2},$$

woraus folgt:

$$19)\quad W^2 R_1 = W_1\,\frac{(W + W_3)^2}{W_3} + W\,(W + W_3)$$
$$= \frac{W_1\,W^2}{W_3} + (W + W_1)\,W_3 + W\,(2\,W_1 + W).$$

Angenommen W und W_1 seien gegeben und es solle W_3 gefunden werden.

Damit R_1 ein Maximum werde, muss

$$20)\quad W_3 = \sqrt{\frac{W_1\, W^2}{W + W_1}} \text{ sein,}$$

und es ist dann

$$21)\quad R_1 = 2\sqrt{\frac{W_1\,(W + W_1)}{W^2}} + \frac{2\,W_1 + W}{W}.$$

Setzt man nun $\frac{W_1}{W} = w$, so ergiebt sich aus den Gleichungen 20) und 21):

$$22)\quad W_3 = \sqrt{\frac{W\,W_1}{1 + w}},$$

und

$$23)\quad R_1 = 1 + 2\sqrt{w\,(1 + w)} + 2\,w.$$

Bei zweckmässiger Anordnung der einzelnen Theile muss R_1 etwas grösser als „Eins“, in Folge dessen w sehr klein sein, und man hat dann annähernd:

$$24)\quad W_3 = \sqrt{W\,W_1},$$

als den Widerstandswerth des äussern Stromkreises, bei welchem die darin geleistete Arbeit des Stromes ein Maximum ist.

Die auf S. 198 ff. des zweiten Abschnitts betrachtete Theorie der dynamo-elektrischen Maschine erweitert ganz wesentlich den Blick in die Verhältnisse. Dazu giebt im Weitern Dr. Frölich in einem besondern Aufsatze [1]) vollständige Anweisung zur Beurtheilung dieser Maschinen.

Indem er die Gleichung $J = \frac{n\,M\,v}{W}$ (siehe S. 198) durch M dividirt, erhält er:

$$\frac{J}{f\,(J)} = n\,\frac{v}{W},$$

und führt aus, da die ganze linke Seite nur eine Function der Stromstärke J, so ist das Verhältniss $n\,\frac{v}{W}$ nur abhängig von J,

---

[1]) Elektrotechnische Zeitschrift, Heft II, 1882. S. 69 ff.

und umgekehrt J nur abhängig von $n\frac{v}{W}$, oder, wenn F der Werth von $f(J)$:

$$1)\quad J = F\left(n\frac{v}{W}\right),$$

oder: die Stromstärke ist nur abhängig von dem Verhältniss der Geschwindigkeit zum Widerstand.

In dieser Gleichung vereinigt sich die ganze Theorie der dynamo-elektrischen Maschine. Wenn Functionswerth F oder die Art der Abhängigkeit der Stromstärke von dem Verhältniss $\frac{v}{W}$ bekannt, so lassen sich alle Fragen, welche in Bezug auf eine gegebene Maschine gestellt werden können: Stromstärke, elektromotorische Kraft, wirksamer Magnetismus, Geschwindigkeit und Widerstand, beantworten, sofern zwei dieser Grössen gegeben sind.

Wird eine beliebige dynamo-elektrische Maschine in Betrieb gesetzt und die Stromstärke bei verschiedener Tourenzahl und verschiedenen äussern Widerständen gemessen und für jeden Versuch das Verhältniss $n\frac{v}{W}$ berechnet; werden demnächst sämmtliche Versuche graphisch aufgetragen (Fig. 174 A, a. f. S.) für $n\frac{v}{W}$ als Abscisse und für die Stromstärke J als Ordinate, so giebt die dadurch erhaltene Curve I [1]) den gesuchten Werth F.

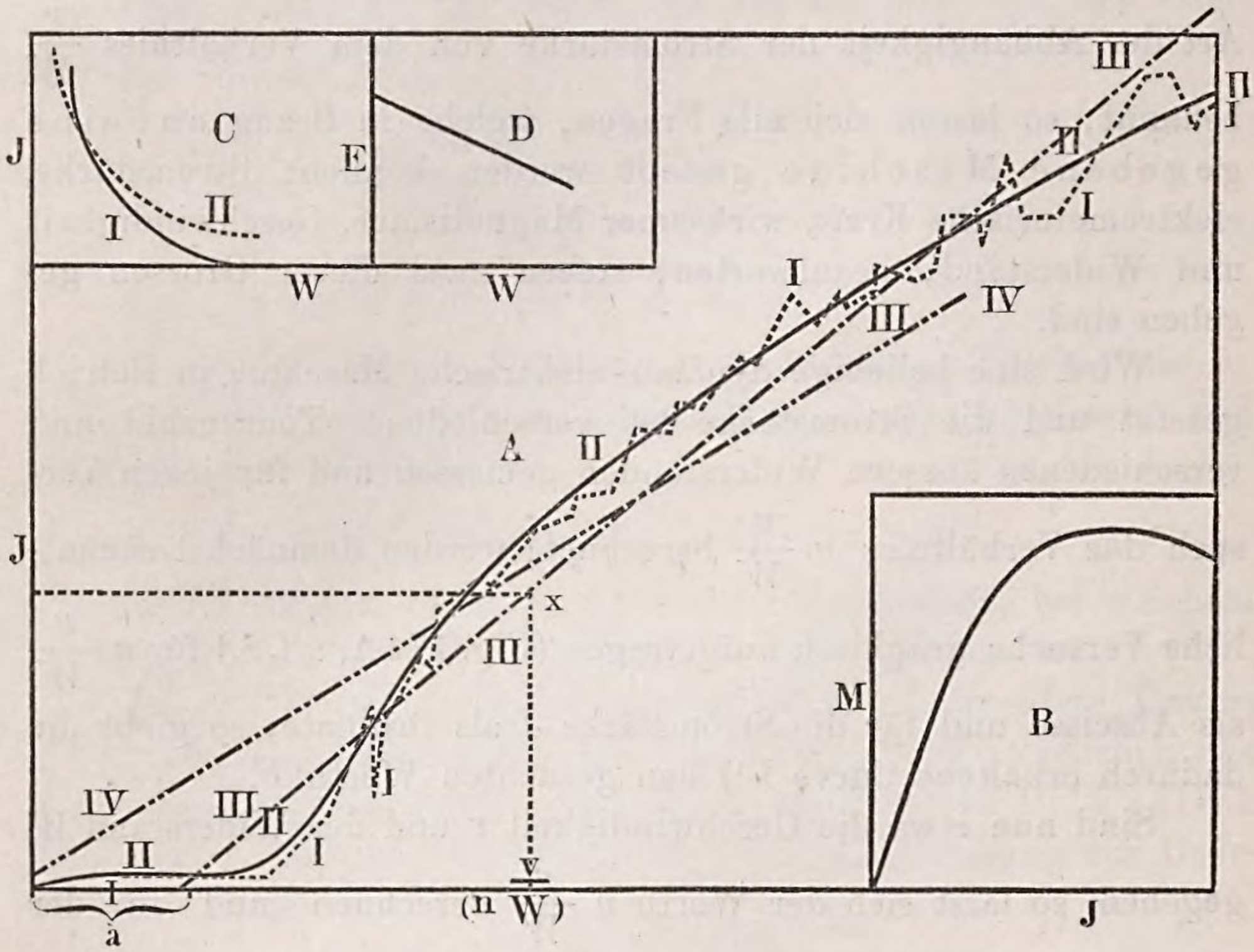
Sind nun etwa die Geschwindigkeit v und der Widerstand W gegeben, so lässt sich der Werth $n\frac{v}{W}$ berechnen und in der Abscisse der graphischen Darstellung aufsuchen, dessen Ordinate die Stromstärke J angiebt; umgekehrt findet man den Werth $n\frac{v}{W}$, wenn J gegeben sein sollte; ist dann ausserdem v bekannt, so berechnet sich aus $n\frac{v}{W}$ und v der Widerstand W, oder,

---

[1]) Die Curve I der Fig. 174 A ist für eine bestimmte Maschine der Construction von Siemens & Halske gebildet, woraus Curve II, für die Mittelwerthe der einzelnen Punkte, aus freier Hand eingezeichnet ist.

falls W gegeben, aus $n\frac{v}{W}$ und W die Geschwindigkeit v. Kennt man hieraus JW und v, so ergiebt sich die elektromotorische Kraft E aus dem Ohm'schen Gesetz $J = \frac{E}{W}$, wonach $E = JW$, und der wirksame Magnetismus M aus $M = \frac{E}{nv}$ oder $\frac{JW}{nv}$, dem Verhältniss der elektromotorischen Kraft zur Tourenzahl (S. 198).

Fig. 174.



Die Praxis legt aber besondern Werth nur auf die im praktischen Betriebe vorkommenden Verhältnisse, also den Theil der Curve, welcher die mittleren Stromstärken umfasst (S. 55) und wenig von der geraden Linie abweicht (Curve III). Für diesen Theil der Curve [1]) ist die Stromstärke eine lineare Function

---

[1]) Aehnlich ist die Curve IV aus Versuchen mit magnet-elektrischer Maschine, wenn der Inductor derselbe wie bei der Dynamomaschine und der Magnetismus dem der mittlern Stromstärken letzterer entspricht.

von $n\frac{v}{W}$, also $J = \frac{1}{b}\left(n\frac{v}{W} - a\right)$, worin a und b Constanten. a bedeutet hier die „todten Touren“ [1]), d. h. den Werth, welchen das Verhältniss $n\frac{v}{W}$ erreichen muss, damit die Maschine überhaupt aus der dynamo-elektrischen Wirkung Strom giebt und welcher ausgedrückt ist durch die Entfernung unter den Anfangspunkten der Curven II und III; während $b = \frac{n\frac{v}{W} - a}{J}$, worin die Werthe $n\frac{v}{W}$ und J für irgend einen beliebigen Punkt x der Curve III, aus Abscisse und Ordinate, bestimmt sind.

Damit ist die Theorie wesentlich vereinfacht, indem die Gleichung

$$2)\ J = \frac{1}{b}\left(n\frac{v}{W} - a\right)$$

das Mittel bietet, die Werthe J, v, W, E und M in weit einfacherer Weise darzustellen, wenn a und b bestimmt sind.

Man erhält aber andere Bedeutung für a und b, in der Abhängigkeit des wirksamen Magnetismus M von der Stromstärke J, und zwar aus Gleichung 2) und $M = \frac{JW}{nv}$,

$$3)\ M = \frac{J}{a + bJ},$$

wonach $\frac{1}{a}$ das Verhältniss des wirksamen Magnetismus zur Stromstärke bei ganz schwachem, $\frac{1}{b}$ den Werth des wirksamen Magnetismus für ganz starken Strom bedeutet.

Die Curve des wirksamen Magnetismus (Ordinate) in Function von der Stromstärke (Abscisse) hat die Form Fig. 174 B.

Sucht man die Veränderung der Stromstärke (Ordinate) bei gleichbleibender Tourenzahl, wenn sich der Wider-

---

[1]) Diese todten Touren fallen bei Curve IV aus, dieselbe verläuft gleichmässig vom Beginn des Betriebes ab.

stand (Abscisse) des Stromkreises ändert, so erhält man eine Curve von der Form Fig. 174 C I [1]), während unter gleichen Umständen die elektromotorische Kraft $E = \frac{1}{b}(n v - a W)$, eine Linie der Fig. 174 D liefert.

Ob Bogen- oder Incandescenz-Lampen zur Anwendung gelangen sollen, begründet für das allgemeine Arrangement keine Verschiedenheiten. Die Verhältnisse gestalten sich aber complicirter, wenn es sich um ausgedehnte Anwendung kleiner Flammen resp. Versorgung des Haushalts mit schwachen Lichtern von einer Centralstelle aus handelt. In solchem Falle wird die Hauptleitung in der Regel mehrfach verzweigen, und aus den Zweigen werden wieder Nebenleitungen, mit verschiedenen Widerständen, in grosser Zahl zu Einführungen bei den Verbrauchsstellen dienen, während die Flammenzahl, nach Maassgabe des ungleichmässigen Bedarfs, dauernd wechselt (S. 246) und selbst die Lichtstärke der einzelnen Lampen sehr verschieden gewünscht werden wird (S. 399). Aehnlich wechselnden Verhältnissen begegnet man zwar auch im kleinen Betriebe mit selbständigen Einrichtungen (S. 133); der Wechsel ist dabei aber bekannt und deshalb störenden Einflüssen daraus leicht entgegenzutreten. Anders überall da, wo die Elektricität für verschiedene weit verzweigte Verbrauchsstellen, zur beliebigen Verwendung, von einem Centralpunkte aus geliefert wird, ähnlich der Vertheilung des Leuchtgases aus den Gasanstalten. Daraus ergiebt sich die Nothwendigkeit dauernder Regulirung der Stromstärken, zur Erhaltung gleichmässiger Leistung und zur Abwendung von Beschädigungen an Maschinen und Lampen, sowie zur Anbringung besonderer Vorrichtungen behufs Feststellung des Elektricitätsverbrauchs bei den einzelnen Verwendungsstellen.

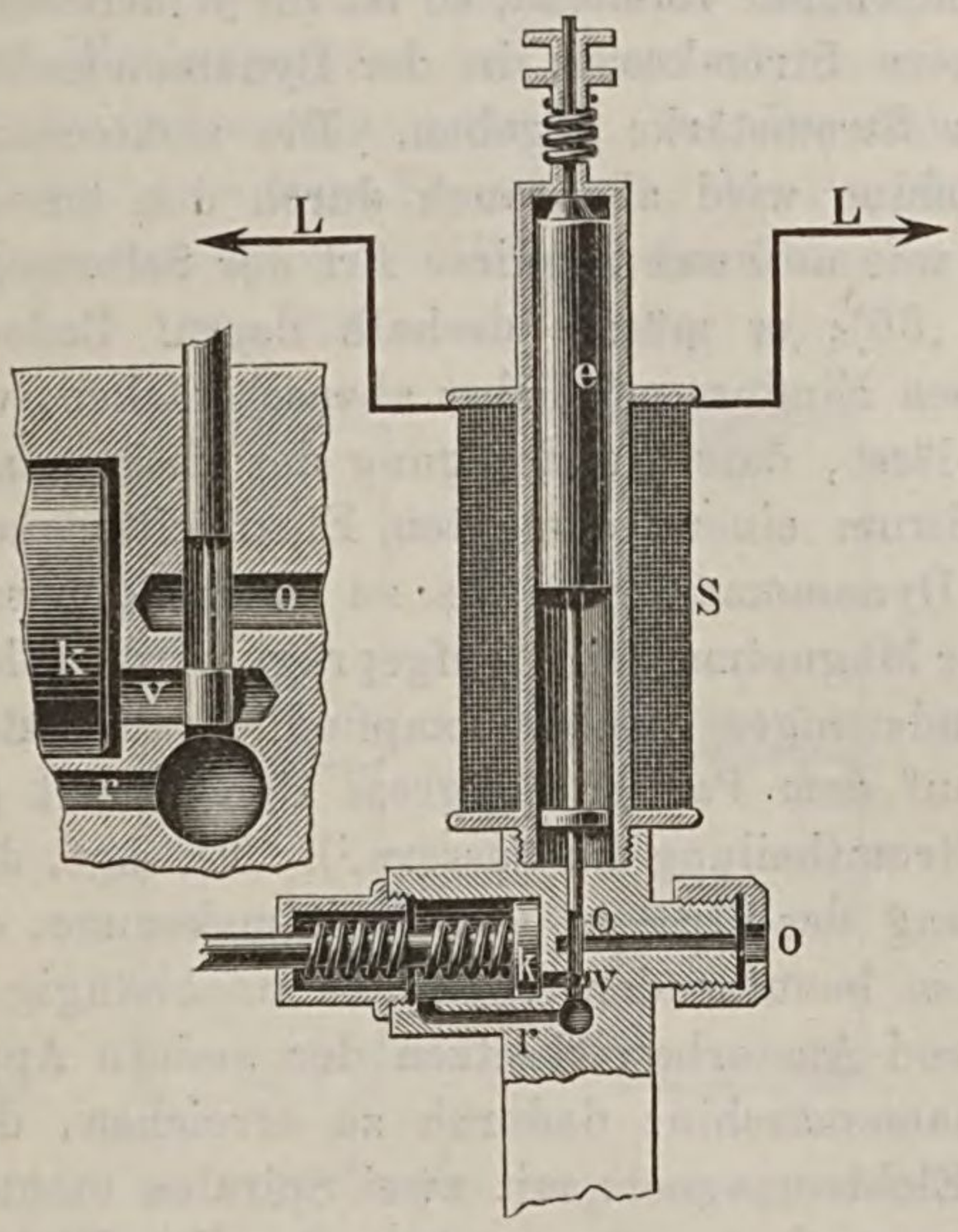
Eine automatische Einrichtung zur Regulirung der Stromstärken haben wir bereits bei Behandlung der dynamo-elektrischen Maschine von Maxim (§. 43) kennen gelernt. Von anderer Seite ist ein ähnliches Arrangement gewählt, welches aber nicht den Gang der Maschine trifft, sondern die Stromstärken durch

---

[1]) Curve II giebt das Verhältniss für die magnet-elektrische Maschine unter gleichen Umständen, bei gleichen Inductoren und wenn der Grad des Magnetismus dem der mittlern Stromstärke der Dynamomaschine entspricht.

automatische Einschaltung verschiedener künstlicher Widerstände regulirt. Sehr einfach ist die Regulirungsmethode von Westinghouse. Er führt den Betriebsstrom der Leitung *L* durch die Spirale *S* (Fig. 175), deren Eisenkern *e*, durch den normalen Strom in bestimmter Lage erhalten, tiefer in den innern Raum eintritt, wenn der Strom zu stark und über seine Normallage zurückgeht, wenn der Strom zu schwach wird. In beiden Fällen öffnet sich ein Ventil, wodurch Wasser oder Dampf auf den Kolben *k* wirkend, denselben mehr oder weniger vorwärts oder rückwärts bewegt, dessen Stange mit dem Ventil der Dampfmaschine in Verbindung steht, welches die auf die Lichtmaschine wirkende Kraft regulirt.

Fig. 175.



Bei zu starkem Strom öffnet sich das Ventil *v*, Wasser oder Dampf tritt durch *o* gegen den Kolben *k* und drückt denselben vorwärts, wobei das Uebermaass durch *r* entweicht, wogegen bei zu schwachem Strom die entgegengesetzte Wirkung erfolgt.

Edison schlägt einen besondern Weg ein, indem er die Regulirung innerhalb der Centralstelle, auf Grund wiederholter Messungen, aus der Hand bewirken lässt. Seine Vorrichtung besteht aus einer von der Hauptleitung abgezweigten Nebenleitung mit sehr grossem Widerstande und sehr empfindlichem Galvanometer. Er misst darin die im Hauptkreise herrschende Stromstärke und elektromotorische Kraft, prüft die Lichtstärke an einer besonders eingeschalteten Lampe und verändert, durch Ein- und Ausschalten künstlicher Widerstände, den Widerstand des die Elektromagnete

erregenden, getrennten Stromkreises, womit auf die magnetische Kraft und dadurch regulirend auf den Betriebsstrom eingewirkt wird. Im Uebrigen ist bekannt, dass der elektrische Strom der Drehung der Dynamomaschine Widerstand leistet (S. 41); verstärkt sich also der Strom plötzlich, durch Löschen eines Theiles der im Stromkreise befindlichen Lampen resp. durch Widerstandsveränderung, so muss die Maschine einen langsamern Gang annehmen, wie sich umgekehrt die Tourenzahl vergrössert, wenn der Strom durch Veränderung des äussern Widerstandes geschwächt wird. Da nun von der Drehungsgeschwindigkeit die elektromotorische Kraft mit abhängig (S. 35) in der Weise, dass sich dieselbe mit der Tourenzahl verstärkt, so ist für Widerstandsveränderungen im äussern Stromkreise, in der Dynamomaschine selbst ein Regulator der Stromstärke gegeben. Die elektromotorische Kraft dieser Maschine wird aber auch durch den äussern Widerstand beeinflusst, was nothwendig diese Art der Selbstregulirung stören muss (S. 36); es müsste deshalb darauf Bedacht genommen werden, diesen Einfluss möglichst abzuschwächen, was sich dadurch erreichen lässt, dass die Erregung der Elektromagnete zum Theil dem Strom einer constanten Elektricitätsquelle übertragen, also der Dynamomaschine bis zu einem gewissen Grade der Charakter der Magnetmaschine aufgeprägt wird, welche gegen Widerstandsveränderungen weniger empfindlich als erstere ist. M. Deprez hat auf dem Pariser Congress Gelegenheit gefunden, sich über die Stromtheilung zu äussern [1]). Er sagt, dass das Problem der Theilung des Stromes darauf hinauskomme, das Arbeiten jedes den Strom benutzenden Apparates unabhängig zu machen von dem In- und Ausserbetriebsetzen der andern Apparate, was mit der Dynamomaschine dadurch zu erreichen, dass man die inducirenden Elektromagnete mit zwei Spiralen umgebe, von denen die eine den constanten Strom einer fremden Elektricitätsquelle, die andere den Arbeitsstrom, voll oder als Zweigstrom desselben empfange, je nachdem die Lampen im Stromkreise neben- oder hintereinander geschaltet seien (S. 318). Mit einem derartigen System, also ohne Anwendung besonderer Regulatoren für die Stromstärke, haben Deprez und Gravier in der That auf der Pariser Ausstellung recht befriedigende Resultate erreicht.

---

[1]) Elektrotechn. Zeitschrift, Heft X, 2. 1881, S. 397.

Frölich bemängelt [1]) aber nicht nur dieses System, sondern auch die in verschiedenen Fachschriften [2]), in Verbindung damit, von Deprez behandelte Theorie der Dynamomaschine und sucht zu beweisen, dass die Methode desselben zur Regulirung der Stromstärken, an mehr oder weniger erheblichen Fehlern leidet. Ob die Mängel sich indess im praktischen Betriebe wirklich in dem Grade äussern, dass die einfachste Methode der Stromvertheilung zu verwerfen, dürfte zunächst durch weitere Erfahrungen festzustellen sein.

Das in der Anmerkung zu S. 85 berührte Verfahren zur Theilung des elektrischen Stromes ist in den Beiblättern zu den Annalen der Physik und Chemie (Wiedemann), Nr. 2, pro 1882, S. 126 ff. specieller behandelt. Danach bedient sich Avenarius der Wechselströme aus einer dynamo-elektrischen oder einer Wechselstrom-Maschine *M*, bei Parallelschaltung der Lampen *l* mit nur je einer Flamme für die Parallelzweige (Fig. 176). Er bezeichnet dann drei Wege, das Brennen der Lampen *l* gleich-

Fig. 176.

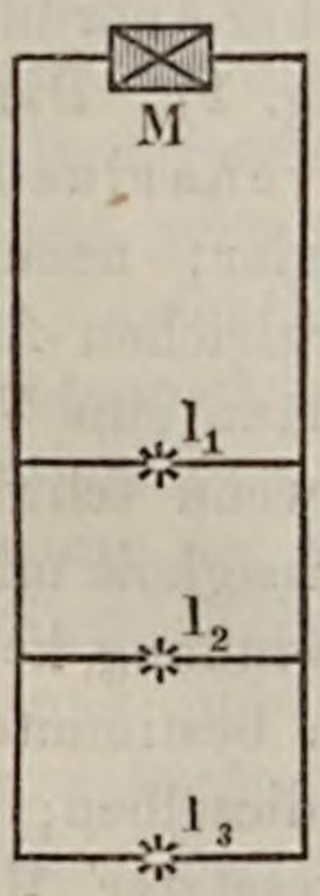


Fig. 176a.

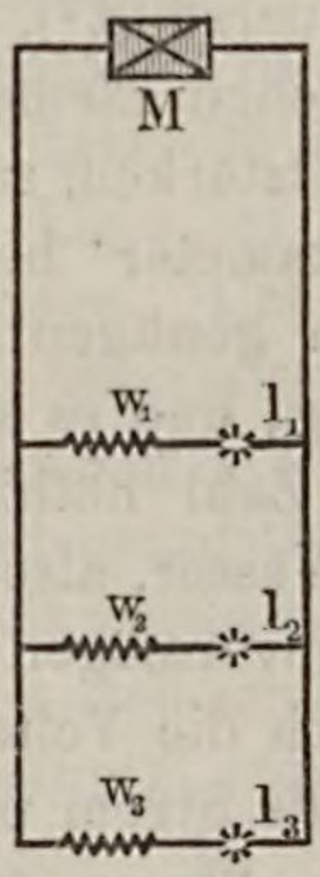
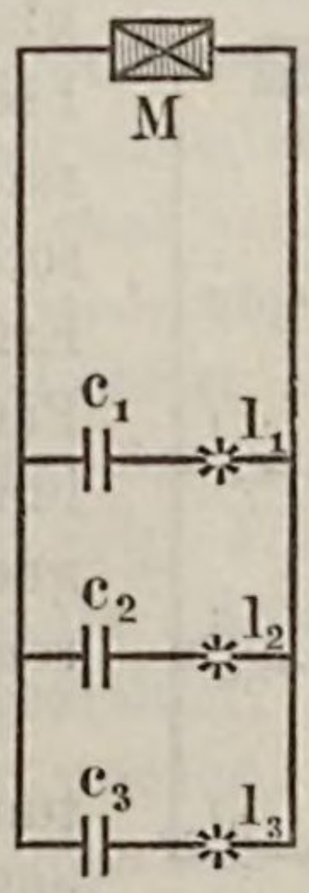


Fig. 176b.



zeitig zu unterhalten resp. zur gleichmässigen oder beliebig gewünschten Vertheilung des Stromes und zwar:

1) Das Einschalten passender Widerstände *w* in die Parallelzweige (Fig. 176a). Da aber die Widerstände der Lichtbogen sehr starken Schwankungen unterworfen, so müssten die einzuschaltenden künstlichen Widerstände sehr gross

---

[1]) Elektrotechn. Zeitschrift 1882, Heft II, S. 69 ff. und Heft III, S. 113 ff.

[2]) „Lumière électrique“ 1881, Nr. 71; Engineering, Vol. XXXII, 1881, Decbr. 9., 16 und 23.

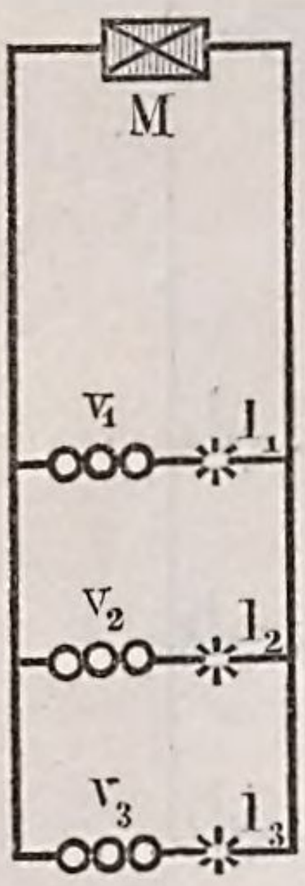
sein, um diese Schwankungen unbemerkbar zu machen, was mit starkem Stromverlust verknüpft sein würde.

2) Das Einschalten von Condensatoren *c* (Fig. 78) in die Parallelzweige (Fig. 176 b, a. v. S.). Durch die Condensatoren führt kein Strom, sie laden sich aber bei jeder Stromesrichtung, mit einer der elektromotorischen Kraft der Elektricitätsquelle *M* proportionalen Elektricitätsmenge, welche sich beim Beginn des entgegengesetzten Stromes entladet, wodurch sich, unter gewissen Verhältnissen, der Lichtbogen unterhält, wenn die Capacität [1]) der Condensatoren constant und sehr gross ist, was nur mit bedeutendem Kostenaufwand zu erreichen.

3) Das Einschalten von Voltametern *v* mit starker Polarisation in die Parallelzweige.

Diese Methode (Fig. 176 c) wählt Avenarius für den praktischen Gebrauch, wobei er zur Bildung des Voltameters zwei Kohlenplatten in wässeriger Lösung von Natronglas gegenüberstellt [2]), in ähnlicher Anordnung wie bei galvanischen Elementen (Fig. 1). Die Polarisation zu verstärken, schaltet Avenarius mehrere solcher Voltameter hintereinander; nach seinen Erfahrungen genügen acht dergleichen für jeden Parallelzweig, und es soll nur dann eine Verdopplung dieser Zahl nöthig sein, wenn schwach angesäuertes Wasser, also eine Flüssigkeit mit besserem Leitungsvermögen zur Anwendung kommt.

Fig. 176 c.



Der durch die Voltameter in bestimmter Richtung führende Strom polarisirt dieselben; dadurch entsteht ein Strom entgegengesetzter Richtung, welcher ersteren schwächt. Ist die Polarisation stark genug, so lässt sich, bei schneller Folge der Wechselströme, aus der während kurzer Unterbrechungsdauer fortgesetzten Gegenströmung der Lichtbogen unterhalten. Der Widerstand desselben ist dabei den Schwankungen weniger unterworfen, weshalb es auch für die Voltameter

---

[1]) Die Elektricitätsmenge aus der Ladung durch eine Elektricitätsquelle der Einheit der elektromotorischen Kraft (siehe Anhang).

[2]) Nicht so einfach ist der dem Avenarius patentirte Polarisator (D. R. P. Nr. 16627).

grosser Widerstände nicht bedürfen, also die Stromschwächung daraus nicht bedeutend sein soll.

Die Betrachtungen sind höchst interessant und geeignet, gewisse innere Verhältnisse zu beleuchten; wir haben dieselben deshalb unsern Lesern nicht vorenthalten wollen; ob sich aber auch die letzte Methode in der Praxis bewährt, dürfte zweifelhaft sein, jedenfalls wird die Beleuchtung dadurch vertheuert (siehe auch §. 84), während es darauf ankommt, die Kosten derselben nach Möglichkeit zu ermässigen. Dass es für eine umfangreiche Vertheilung des Stromes nach dieser Methode wesentlicher Vervollkommnung derselben bedarf, räumt Avenarius selbst ein, indem er die sich daran knüpfenden Forderungen theilweise bezeichnet. Er verlangt, dass die einzelne Lampe nicht durch das Brennen der übrigen beeinflusst und der für jeden Zweig verbrauchte Strom gemessen werde. Ersteres glaubt Avenarius dadurch zu erreichen, dass er einen Parallelzweig mit Regulator versieht, welcher in selbstthätiger Wirkung, durch Ein- und Ausschalten künstlicher Widerstände, die Stromstärke constant erhält, womit sich die Stromstärken auch in allen übrigen Zweigen reguliren sollen, vorausgesetzt, dass die Widerstandsveränderung der Lichtbogen verschwindend klein ist gegenüber dem Widerstande der betreffenden Parallelzweige. Der zweiten Forderung soll dadurch entsprochen werden, dass einer der Voltameter jedes Parallelzweiges in solcher Form zur Verwendung gelange, welche die Bestimmung der Elektricitätsquantität gestattet (Fig. 47).

In ihrer Vollkommenheit würde die Methode, nach Avenarius' Ausführung, die elektrische Beleuchtung so gestalten, dass alle Lampen vollständig unabhängig von einander werden, selbst in dem Falle, dass verschiedene Constructionen innerhalb der Verzweigungen gleichzeitig zur Anwendung kommen, der Stromverbrauch für jede Lampe genau bestimmt werden kann, und dass mit dem Berühren der Leiter keine Gefahr verbunden ist, also das elektrische Licht alle die Eigenschaften erhält, welche bisher dem Gase den Vorzug vor der Elektricität gaben.

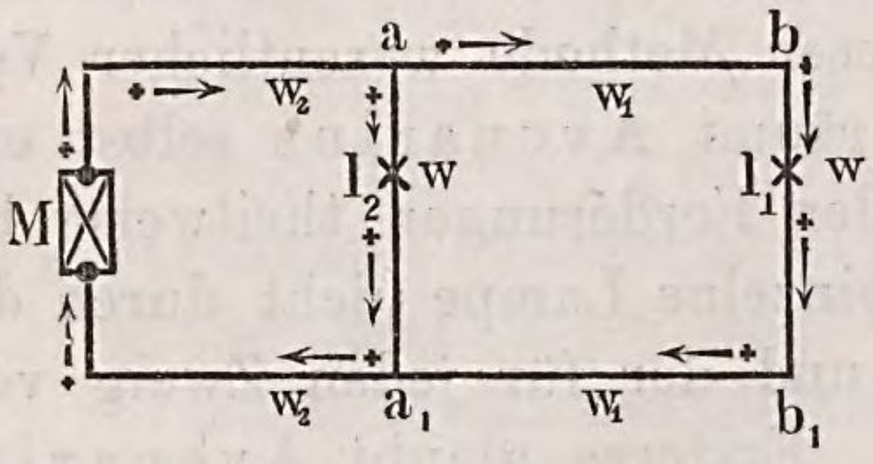
Wir haben mehrfach Gelegenheit gehabt, die Parallelschaltung in einfacher Anwendung zu betrachten. Diese Schaltung erlangt um so grössere Bedeutung, je weiter sich die elektrische Beleuchtung, namentlich im Gebrauch der Vacuumlampen mit schwachen Lichtern (Edison, Swan etc.) ausdehnt. Angesichts der vor-

herrschenden Neigung dazu dürfte es angezeigt sein, die Widerstands- und Stromverhältnisse der Parallelschaltung etwas eingehender als bisher zu behandeln.

Fig. 177 zeigt eine einfache Parallelverbindung zweier Vacuumlampen $l_1 l_2$ von gleichem Widerstande w. M ist die Dynamomaschine [1]), deren beide Pole die Leitungen aufnehmen, welche bis zu den Anschlusspunkten $a a_1$ der Lampe l_2, den Widerstand w_2 und von hier bis zu den Anschlüssen $b b_1$, den Widerstand w_1, sowohl für die Hin- wie auch für die Rückleitung haben mögen, während wir den Widerstand der Verbindungsdrähte zwischen $a a_1$ und $b b_1$, ihres geringen Werthes wegen, vernachlässigen wollen. Wäre der Stromkreis nur durch eine dieser beiden Lampen geschlossen, so würde sich der äussere Widerstand bilden durch $w_2 + w_1 + w + w_1 + w_2 = 2 w_2 + 2 w_1 + w$ oder $w_2 + w + w_2 = 2 w_2 + w$, je nachdem Lampe l_1 oder Lampe l_2 den Kreis schliesst. Sind aber beide Lampen im Betriebe, so verzweigt der positive Strom bei a einerseits über l_2, andererseits über $w_1 l_1 w_1$, wobei der an den negativen Pol der Maschine anschliessende Widerstand w_2 als gemeinschaftlicher Rückleiter dient. In diesem Falle bildet sich der Gesammtwiderstand des äussern Kreises (S. 91) aus $w_2 + \dfrac{w(w_1 + w + w_1)}{w + (w_1 + w + w_1)} + w_2$

$$= 2 w_2 + \frac{w(2 w_1 + w)}{w + (2 w_1 + w)} = \frac{4 w_2 w_1 + 4 w_2 w + 2 w_1 w + w^2}{2 w_1 + 2 w}.$$

Fig. 177.



Nach dem Ohm'schen Gesetz $\left(J = \dfrac{E}{W}\right)$ ist somit die Stromstärke in dem durch die Lampe l_1 allein geschlossenen Kreise $= \dfrac{E}{2 w_2 + 2 w_1 + w}$ und in dem durch Lampe l_2 allein geschlossenen Kreise $= \dfrac{E}{2 w_2 + w}$, wogegen die Gesammtstromstärke, wenn beide Lampen im Betriebe,

---

[1]) Zur Vereinfachung der Betrachtung lassen wir den Widerstand der Maschine unberücksichtigt.

$$= \frac{E(2\,w_1 + 2\,w)}{4\,w_2\,w_1 + 4\,w_2\,w + 2\,w_1\,w + w^2}.$$

Von dieser Gesammtstromstärke entfallen aber in umgekehrtem Verhältniss der Zweigwiderstände beider Lampen (S. 91) auf

$$\text{Lampe } l_1, \frac{E(2\,w_1 + 2\,w)}{4\,w_2\,w_1 + 4\,w_2\,w + 2\,w_1\,w + w^2} \quad \frac{w}{2\,w_1 + 2\,w}$$

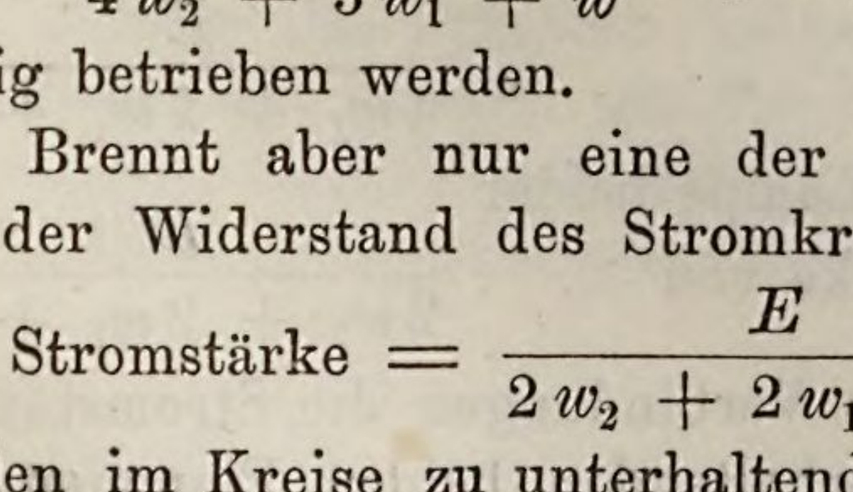
$$= \frac{E\,w}{4\,w_2\,w_1 + 4\,w_2\,w + 2\,w_1\,w + w^2},$$

$$\text{Lampe } l_2, \frac{E(2\,w_1 + 2\,w)}{4\,w_2\,w_1 + 4\,w_2\,w + 2\,w_1\,w + w^2} \quad \frac{2\,w_1 + w}{2\,w_1 + 2\,w}$$

$$= \frac{E(2\,w_1 + w)}{4\,w_2\,w_1 + 4\,w_2\,w + 2\,w_1\,w + w^2}.$$

Die Stromstärken sind also in allen drei Fällen verschieden, und selbst im gleichzeitigen Betriebe beider Lampen empfängt jede derselben verschieden starken Strom. Letzteres wird durch Gleichheit der Zweigwiderstände vermieden, wobei sich der Gesammtstrom gleichmässig über beide Zweige vertheilt. Diese Gleichheit findet statt in der Schaltung Fig. 177 a. Der Gesammtwiderstand derselben (S. 14) ist $= w_2 + \frac{w + w_1}{2} + w_1 + w_2 = \frac{4\,w_2 + 3\,w_1 + w}{2}$, die Gesammtstromstärke also $= \frac{2\,E}{4\,w_2 + 3\,w_1 + w}$, wovon jeder Zweig $\frac{E}{4\,w_2 + 3\,w_1 + w}$ empfängt, wenn beide Lampen gleichzeitig betrieben werden.

Fig. 177 a.



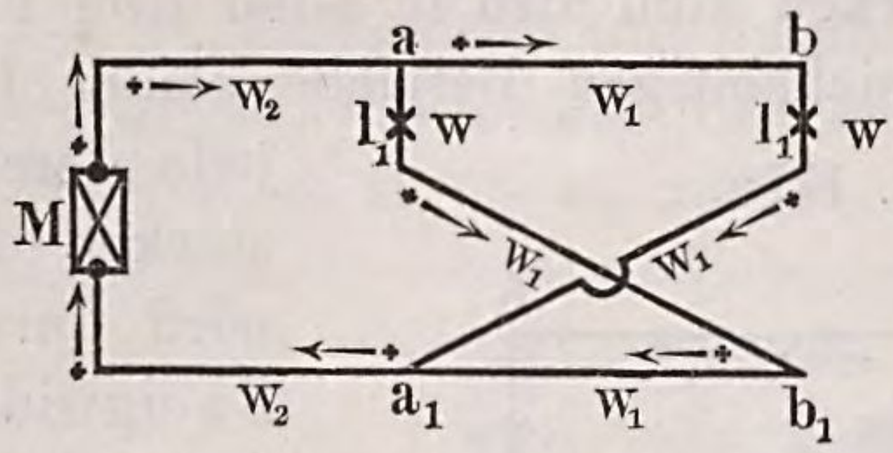
Brennt aber nur eine der beiden Lampen, l_1 oder l_2, so ist der Widerstand des Stromkreises $= 2\,w_2 + 2\,w_1 + w$ und die Stromstärke $= \frac{E}{2\,w_2 + 2\,w_1 + w}$; erlischt also eine der beiden im Kreise zu unterhaltenden Flammen, so verstärkt sich der Strom in dem verbleibenden einfachen Kreise, falls nicht

durch besondere Vorrichtung dafür gesorgt ist, dass sich, in Stelle der verlöschenden Lampe, ein dem Widerstande derselben gleichwerthiger Widerstand automatisch einschaltet (S. 326).

Auch in der Schaltung Fig. 177b haben die Zweige gleichen Widerstand. Der Gesammtwiderstand ist $= 2\,w_2 + \frac{2\,w_1 + w}{2}$ $= \frac{4\,w_2 + 2\,w_1 + w}{2}$, und der Widerstand des durch die einzelne Lampe geschlossenen Kreises $= 2\,w_2 + 2\,w_1 + w$.

Von der Gesammtstromstärke $= \frac{2\,E}{4\,w_2 + 2\,w_1 + w}$ empfängt jeder Zweig die Hälfte mit $\frac{E}{4\,w_2 + 2\,w_1 + w}$, während die Strom-

Fig. 177b.



stärke in dem durch die einzelne Lampe geschlossenen Kreis

$$= \frac{E}{2\,w_2 + 2\,w_1 + w}.$$

Durch die Verbindungen Fig. 177a und 177b sind somit gleiche Stromstärken in den Zweigen für den Fall erzielt, dass beide Lampen gleichzeitig brennen. Jede derselben erhält hiernach für die Verbindung Fig. 177a eine Stromstärke von $\frac{E}{4\,w_2 + 3\,w_1 + w}$

„ „ „ 177b „ „ „ $\frac{E}{4\,w_2 + 2\,w_1 + w}$,

dagegen die einzeln brennende Lampe beider Schaltungen eine Stromstärke von . . $\frac{E}{2\,w_2 + 2\,w_1 + w}$,

so dass sich also auch in diesen Verbindungen die Stromstärken ändern, wenn eine der zu unterhaltenden beiden Flammen erlischt. Soll dies ohne Anwendung automatisch einschaltender

Widerstände vermieden werden, dann müssen der Gesammtwiderstand und der Widerstand des einzelnen Kreises in demselben Verhältniss stehen, wie die Stromstärken in beiden Widerständen. Im Gesammtwiderstande ist aber, wegen der gleichmässigen Theilung des Gesammtstromes auf beide Zweige, ein doppelt so starker Strom erforderlich, als im Widerstande des einzelnen Kreises, und da Widerstand und Stromstärke umgekehrt proportional, so müssten sich verhalten (Fig. 177b):

$$2\,w_2 + \frac{2\,w_1 + w}{2} : 2\,w_2 + 2\,w_1 + w = 1 : 2, \text{ woraus } 2\,w_2 = 0.$$

Es würde also der gemeinschaftliche Leiter $w_2 + w_2$, durch Verstärkung des Querschnittes etc. resp. durch möglichste Verkürzung der Entfernung zwischen der Dynamomaschine M und der Verzweigung, in seinem Widerstande soweit zu vermindern sein, dass derselbe den sonstigen Widerständen des Kreises gegenüber zu vernachlässigen wäre [1]). Für diesen Fall bildet sich der Gesammtwiderstand aus $\frac{2\,w_1 + w}{2}$ und der Widerstand des einzelnen Kreises aus $2\,w_1 + w$; dabei ist die Gesammtstromstärke $= \frac{2\,E}{2\,w_1 + w}$, wovon jeder Zweig $\frac{E}{2\,w_1 + w}$ empfängt, und die Stromstärke des durch die einzelne Lampe geschlossenen Kreises ebenfalls $= \frac{E}{2\,w_1 + w}$.

Dasselbe Verhältniss ergiebt sich für die Schaltung Fig. 177a, wenn der Widerstandswerth des unverzweigten Theiles des Leiters $(w_2 + w_2 + w_1)$ unberücksichtigt bleiben kann.

Im Allgemeinen bedient man sich zu Widerstandsausgleichungen einfacher künstlicher Widerstände (S. 39). Es ist klar, dass es für die Verbindung Fig. 177 nur der Einschaltung eines solchen vom Werthe der Differenz beider Zweigwiderstände, also $2\,w_1$ in den Zweig $a\,a_1$ bedarf, um gleiche Widerstände für beide Zweige zu erzielen. Handelt es sich aber um die Parallelschaltung von drei oder mehreren Lampen (Fig. 177c, a. f. S.), dann lässt sich die

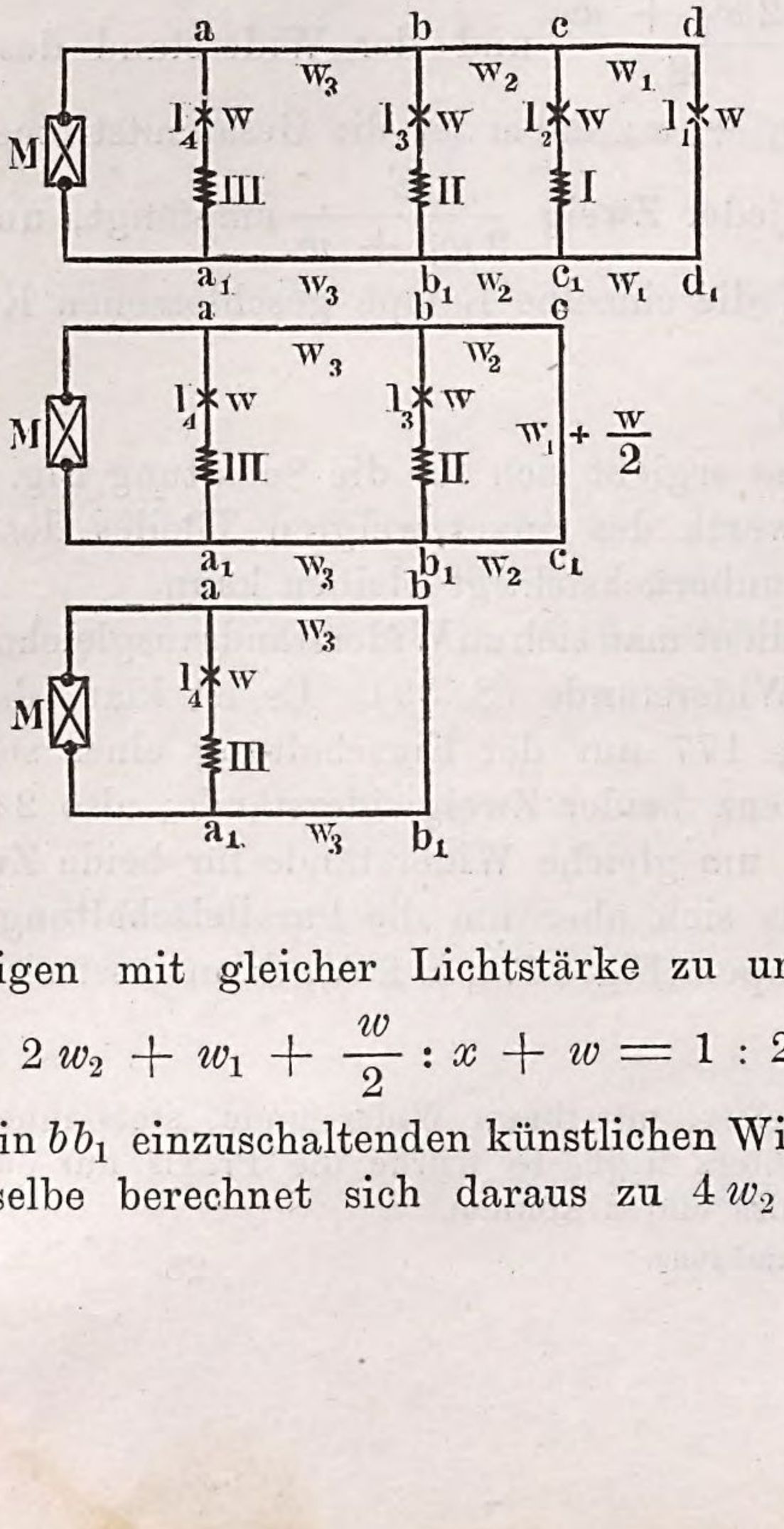
---

[1]) Da die Maschine selbst, mit ihrem Widerstande, stets innerhalb des gemeinschaftlichen Leiters liegt, so würde die Praxis nur das zulässig günstigste Verhältniss bilden können.

Bestimmung der künstlichen Widerstände II und III ohne Weiteres nicht so einfach bewirken.

Für die von c über l_1 und l_2 verzweigenden Drähte ist der Werth des in $c\,c_1$ einzuschaltenden künstlichen Widerstandes I ebenfalls als $w_1 + w_1 = 2\,w_1$ sogleich erkennbar. Der Gesammtwiderstand beider Zweige von gleichem Widerstande ist sodann $= \frac{2\,w_1 + w}{2} = w_1 + \frac{w}{2}$. Lassen wir diesen Gesammtwiderstand, in einfacher Leitung, aus b wirken, so erhalten wir die Fig. 177 d, in welcher der Widerstand des von b über $c\,c_1$ nach b_1 verzweigenden Leiters $= w_2 + w_1 + \frac{w}{2} + w_2 = 2\,w_2 + w_1 + \frac{w}{2}$. Der Strom dieses Zweiges muss aber doppelt so stark sein, als der durch den Zweig $b\,b_1$ führende Strom, wenn einerseits die in ersterem parallel geschalteten beiden Lampen l_1 und l_2, andererseits die in $b\,b_1$ brennende Lampe l_3 gleich starke Ströme erhalten sollen, und da die Stromstärken indirect proportional sind den Leitungswiderständen, so muss sich verhalten der Widerstand des Zweiges $b\,c\,c_1\,b_1$ zum Widerstand des Zweiges $b\,b_1$, umgekehrt wie die Zahl der in beiden Zweigen mit gleicher Lichtstärke zu unterhaltenden Flammen, also $2\,w_2 + w_1 + \frac{w}{2} : x + w = 1 : 2$, worin x den Werth des in $b\,b_1$ einzuschaltenden künstlichen Widerstandes II bezeichnet. Derselbe berechnet sich daraus zu $4\,w_2 + 2\,w_1$; und aus dem

Fig. 177 c, d, e.



Widerstande beider Zweige ergiebt sich der aus b wirkende Gesammtwiderstand, als:

$$\frac{\left(2\,w_2 + w_1 + \frac{w}{2}\right)(4\,w_2 + 2\,w_1 + w)}{2\,w_2 + w_1 + \frac{w}{2} + 4\,w_2 + 2\,w_1 + w}$$

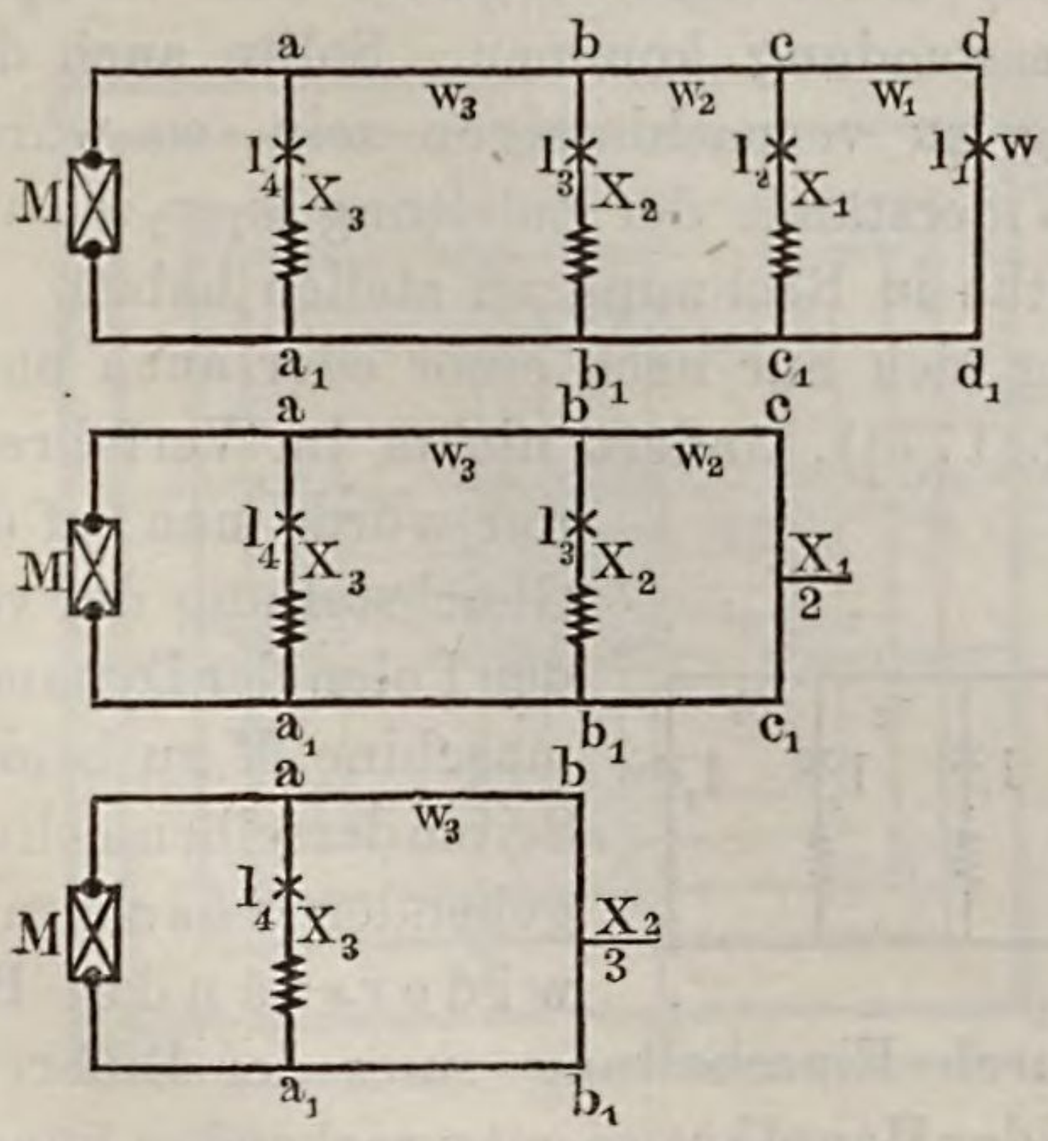
$$= \frac{8\,w_2^2 + 8\,w_1 w_2 + 2\,w_1^2 + 4\,w w_2 + 2\,w w_1 + \frac{w^2}{2}}{6\,w_2 + \frac{3\,w}{2} + 3\,w_1}.$$

In gleicher Weise berechnet sich aus der mit diesem Gesammtwiderstande weiter zusammengezogenen Verbindung (Fig. 177e) als Werth des in den Zweig $a\,a_1$ einzuschaltenden künstlichen Widerstandes III:

$$\frac{12\,w_3 w_2 + 6\,w_3 w_1 + 3\,w_3 w + 8\,w_2 w_1 + 2\,w_2 w + w_1 w + 8\,w_2^2 + 2\,w_1^2}{2\,w_2 + w_1 + \frac{w}{2}}.$$

Die Verhältnisse lassen sich besser übersehen, wenn wir die Widerstände $w_1\,w_2\,w_3$ für die Hin- und Rückleitung nicht doppelt als $w_1 + w_1$ u. s. w., sondern in ihrem doppelten Werth als $w_1\,w_2$ u. s. w. in die Rechnung einführen und die zu ermittelnden Gesammtwiderstände der Zweige $c\,c_1$ $b\,b_1$ $a\,a_1$ mit $x_1\,x_2$ und x_3 bezeichnen, von denen dann überall der Widerstandswerth w der Lampe in Abzug gebracht werden muss, um den Werth des einzuschaltenden künstlichen Widerstandes zu erhalten.

Fig. 177 f, g, h.



Offenbar ist in Fig. 177 f $x_1 = w_1 + w$ und der aus c wirkende Gesammtwiderstand $= \frac{x_1}{2}$. In der

durch Einführung dieses Gesammtwiderstandes vereinfachten Verbindung (Fig. 177g, a. v. S.) verhalten sich $w_2 + \frac{x_1}{2} : x_2 = 1 : 2$, woraus $x_2 = 2\,w_2 + x_1$; der aus b wirkende Gesammtwiderstand aber, welcher drei Flammen enthält, durch $\frac{x_2}{3}$ darstellbar ist.

Aus Fig. 177h (a. v. S.) haben wir endlich die Proportion $w_3 + \frac{x_2}{3} : x_3 = 1 : 3$, was $x_3 = 3\,w_3 + x_2$, und für Punkt a den Gesammtwiderstand von $\frac{x_3}{4}$ ergiebt.

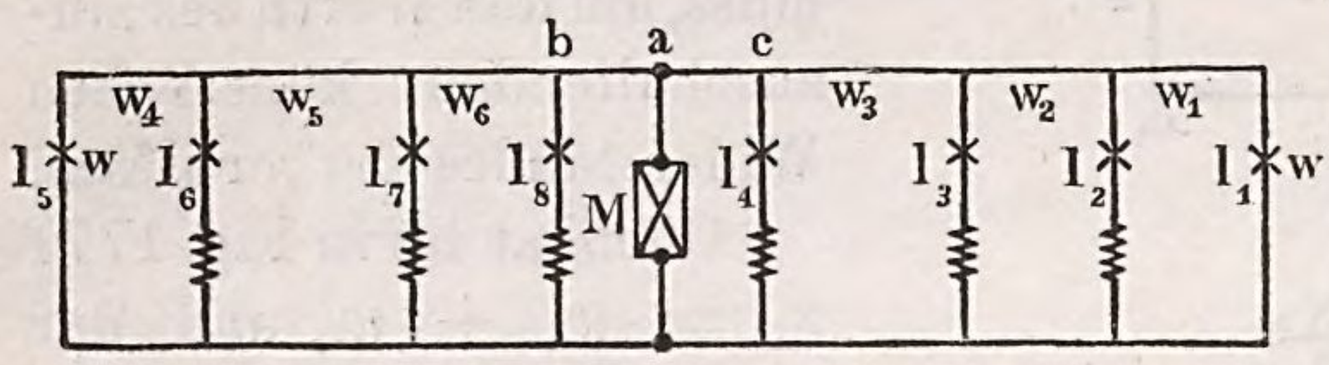
Wir haben somit gefunden:

$$x_1 = w_1 + w$$
$$x_2 = 2\,w_2 + x_1 = 2\,w_2 + w_1 + w$$
$$x_3 = 3\,w_2 + x_2 = 3\,w_2 + 2\,w_2 + w_1 + w.$$

Hiervon den Widerstandswerth der Lampen $= w$ in Abzug gebracht, giebt die Werthe der in die Zweige $c\,c_1$, $b\,b_1$ und $a\,a_1$ einzuschaltenden künstlichen Widerstände mit resp. w_1, $2\,w_2 + w_1$ und $3\,w_2 + 2\,w_2 + w_1$, wonach es also möglich ist, den künstlichen Widerstand jedes beliebigen Zweiges lediglich durch einfache praktische Regel zu bestimmen. Dabei ist allerdings vorausgesetzt, dass der Widerstand der Drahtverbindungen zwischen den Punkten $a\,a_1$ $b\,b_1$ $c\,c_1$ $d\,d_1$ wegen zu geringen Werthes vernachlässigt werden kann, wie meist der Fall, und dass Lampen gleicher Construction zur Verwendung kommen. Sollte auch der Widerstand der Rückleitung zu vernachlässigen sein, so würde man selbstverständlich die Widerstände der Zuleitung $w_1\,w_2\,w_3$ nur mit ihrem einfachen Werthe in Rechnung zu stellen haben.

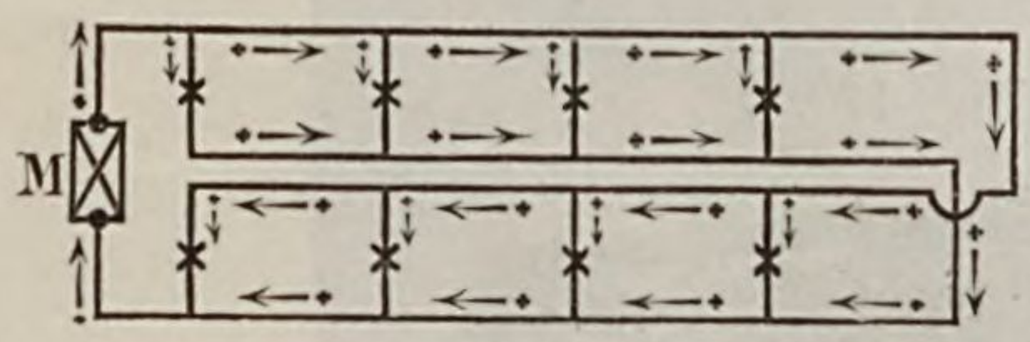
Ob die Parallelschaltung sich nur nach einer oder auch nach andern Seiten erstreckt (Fig. 177i), ändert nichts im Verfahren; nur würde man auf die Gleichstellung der von den Polen der Dynamomaschine M zu beiden Seiten derselben sich ergebenden Gesammtwiderstände Bedacht zu nehmen haben, durch Einschaltung eines der Differenz des Gesammtwiderstandes beider Hauptkreise entsprechenden künst-

Fig. 177i.



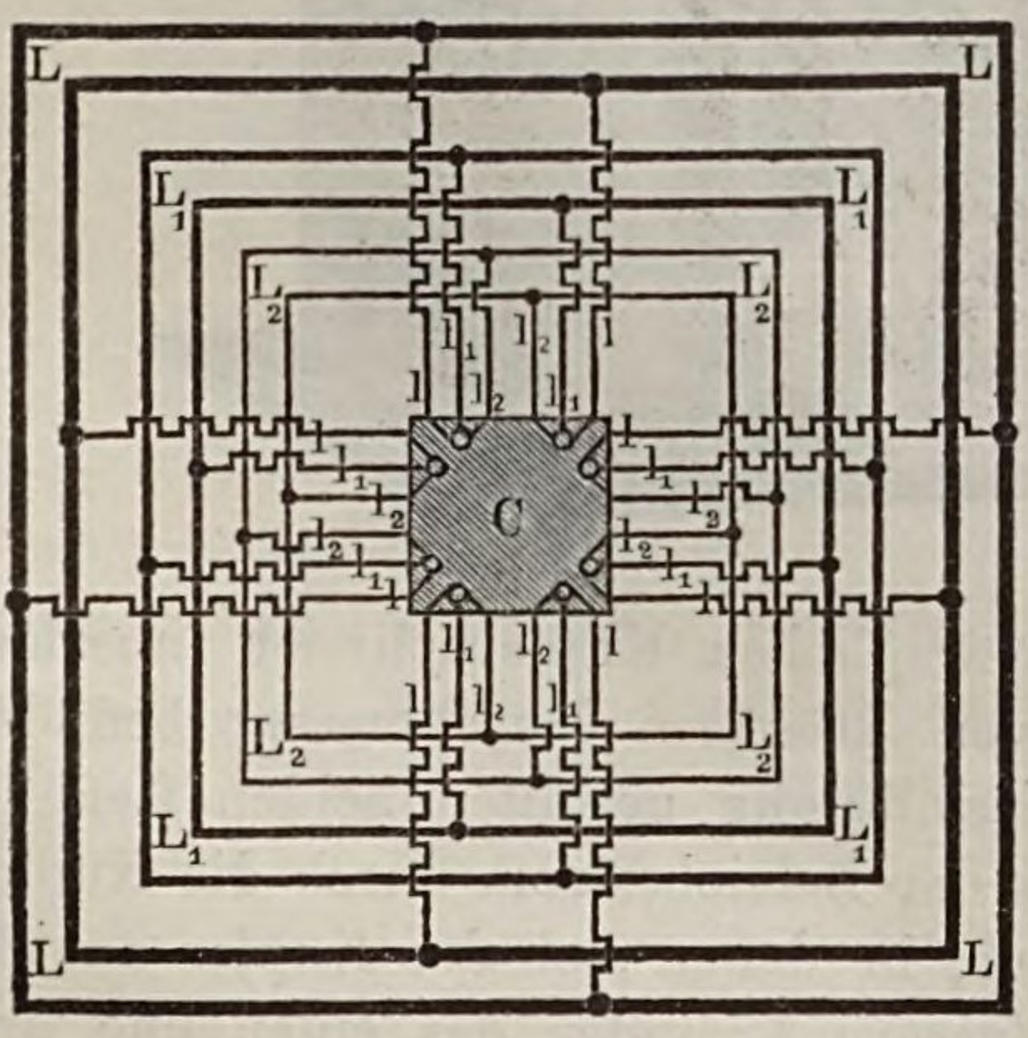
lichen Widerstandes in den Kreis des geringern Gesammtwiderstandes, und zwar innerhalb des diesem Kreise gemeinschaftlichen Leitungstheils *a b* oder *a c*. Sollten die Lampen nicht in gleicher Zahl auf beide Hauptkreise vertheilt sein, wie in unserer Figur, so würde die Bestimmung dieses, das ganze System balancirenden Widerstandes nach dem Verhältniss der Lampenzahl erfolgen müssen, wie wir solches auch für die Zweigverbindungen innerhalb der Hauptkreise vorgesehen haben. Durch Herstellung des Gleichgewichtes unter den Gesammtwiderständen der Hauptkreise würde allerdings der directe Anschluss an die Maschine einen mehr oder minder grossen Widerstand erhalten müssen, welcher wieder zu Stromschwankungen Veranlassung wäre. Es käme deshalb darauf an, für jede specielle Verbindung zu ermitteln, innerhalb welcher Grenzen etwaige Stromschwankungen die Beleuchtung nicht wesentlich beeinträchtigen, um danach die Zulässigkeit des Verfahrens zu beurtheilen.

Fig. 177k.



Bei Parallelschaltung einer grössern Zahl von Lampen kann es vortheilhafter sein, die besondern künstlichen Widerstände durch Verlängerung der Leitung nach der Verbindung Fig. 177k zu vermeiden, welche von Edison und Deprez bereits mit Erfolg zur Anwendung gekommen ist. Dass in solcher Schaltung sämmtliche Lampenzweige gleichen Widerstand haben, ist sofort erkennbar, wenn man die Einzelzweige, von den Polen der Maschine, in ihrer Leitungslänge verfolgt.

Fig. 178.

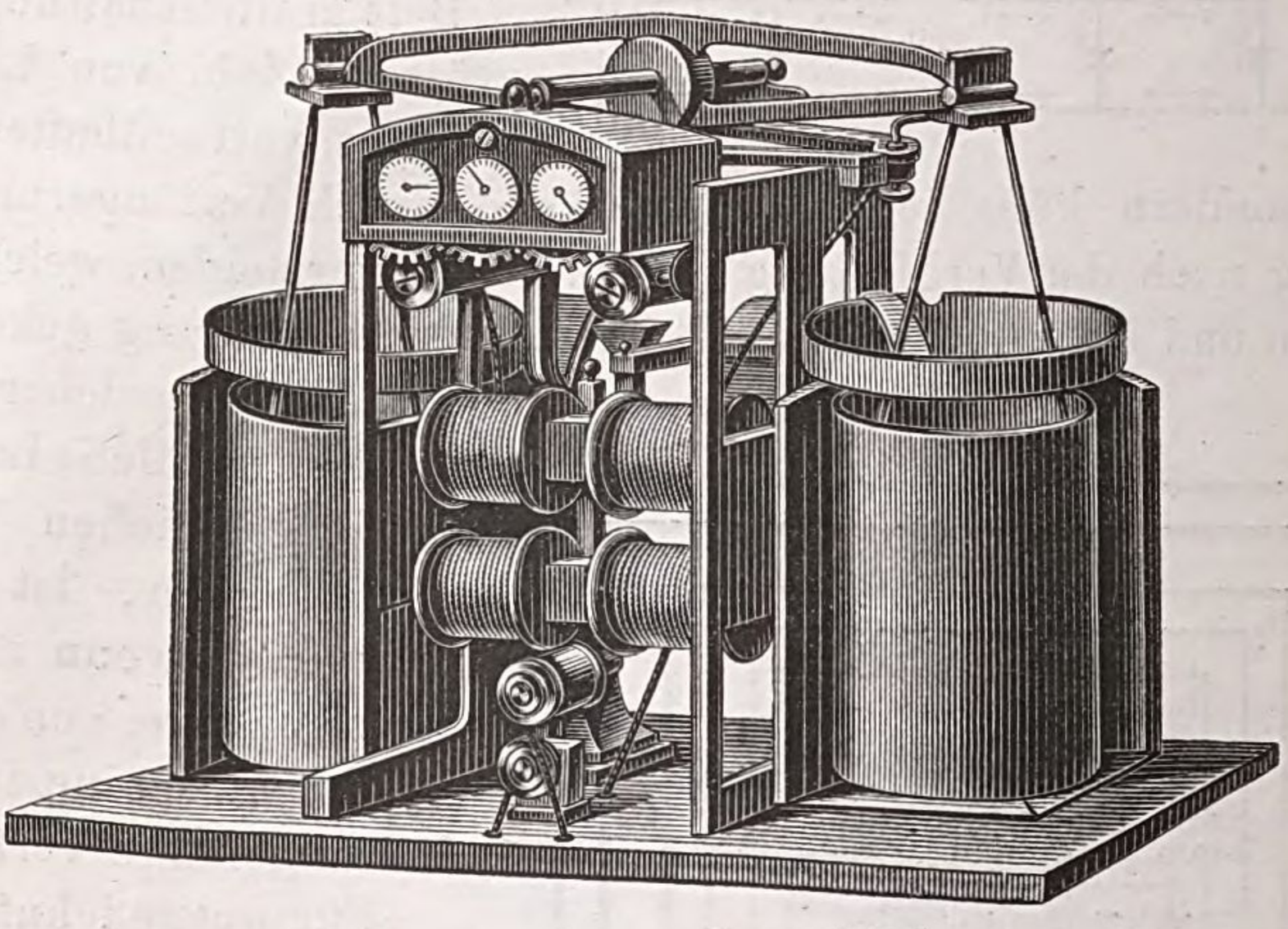


Für ausgedehnte Verzweigungen mit zahlreichen Gebrauchsstellen ist Edison die in Fig. 178 dargestellte, möglichst gleichmässige Vertheilung des elektrischen Stromes

bezweckende Anordnung der Leitungen, innerhalb des Deutschen Reiches patentirt. C ist die Centralstelle für die Elektricitätsvertheilung, welche den Mittelpunkt für die den Strassenverbindungen entsprechend geführten Parallelleitungen $L L_1 L_2$ bildet, aus denen Zweigleitungen $l l_1 l_2$ in angemessener Zahl an den Centralpunkt anschliessen, so dass jede Gebrauchsstelle auf möglichst kurzem Wege mit demselben in Verbindung steht, was durch die Wahl grösserer Querschnitte für die längern Leiter der in grösserer Entfernung von der Centralstelle liegenden Punkte unterstützt wird, wobei Edison auch die Verbindung der Leitungen $L L_1 L_2$ untereinander vorsieht.

In welcher Weise Edison den Elektricitätsverbrauch bestimmt, ist in §. 16 (S. 123 ff.) ausführlich besprochen. Wir präsentiren in Fig. 179 die von ihm für die Praxis gewählte Form seines Instruments, zu dessen Verständniss es weiterer Ausführungen nicht bedürfen wird, wenn wir bemerken, dass sich die am

Fig. 179.



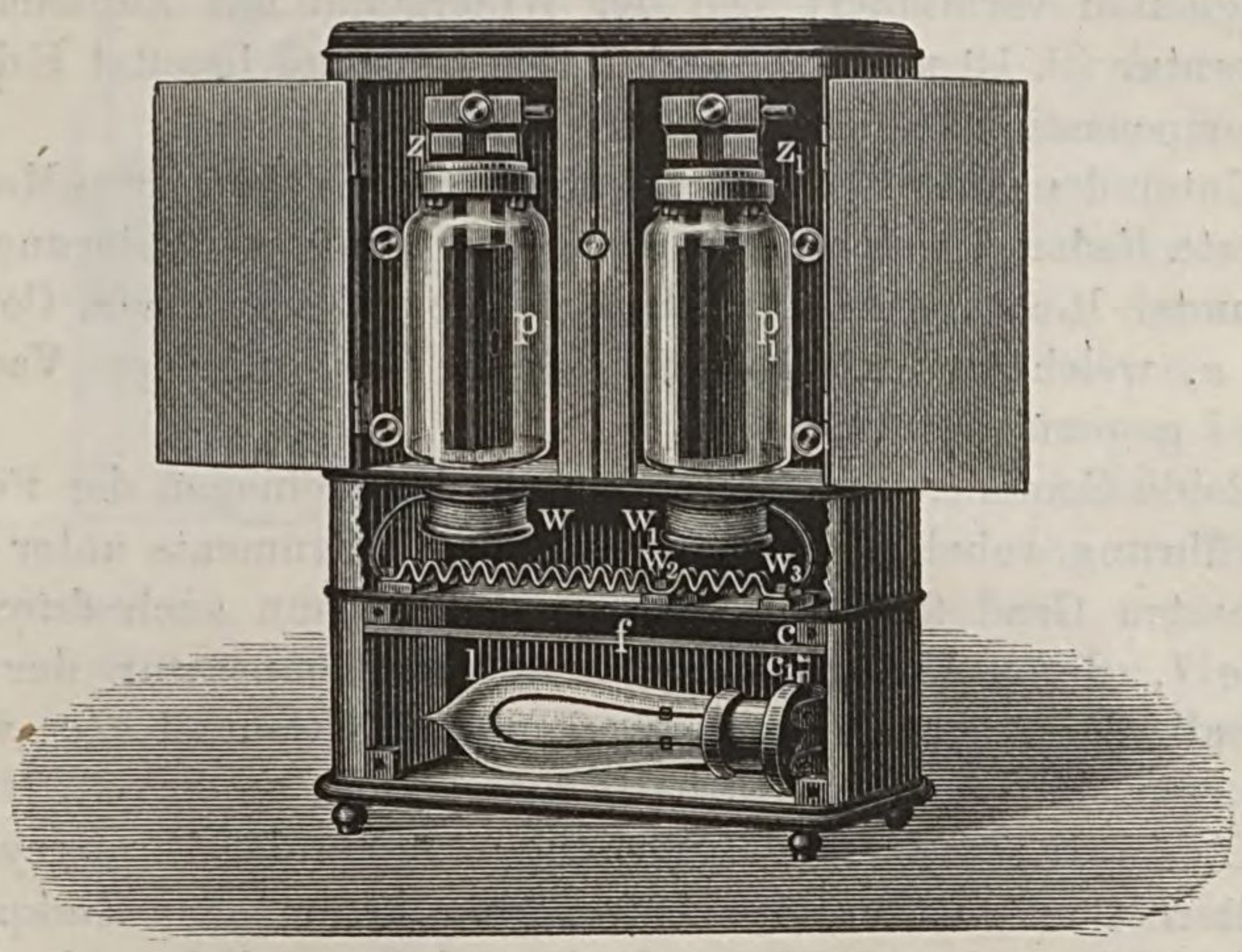
Wagebalken aufgehängten beweglichen Kupfercylinder innerhalb zweier ähnlichen Cylinder von grösserm Durchmesser befinden, welche in den mit Kupfervitriollösung gefüllten beiden Gefässen feste Lage haben, sowie dass der Betriebsstrom durch die Kupfercylinder beider Gefässe führt, in denen sich das Kupfer aus der Zersetzung stets auf dem äussern Cylinder des einen und dem

innern Cylinder des andern Gefässes gleichzeitig ablagert. Dadurch sinkt der beweglich aufgehängte Cylinder des einen Gefässes, während der andere steigt, und sobald der Ausschlag des Wagebalkens eine bestimmte tiefe Lage angenommen hat, wechselt der Strom seine Richtung, womit die rückgängige Bewegung der beiden inneren Cylinder eintritt.

Dieses Instrument verwendet Edison aber nur auf den Centralstellen, unter den Händen geschickter Personen, während er für die Verbrauchsstellen eine einfachere Form construirt hat (Fig. 180).

Zwei verschliessbare Abtheilungen eines gusseisernen Schränkchens enthalten jede eine Zersetzungszelle $z z_1$. Beide Zellen sind

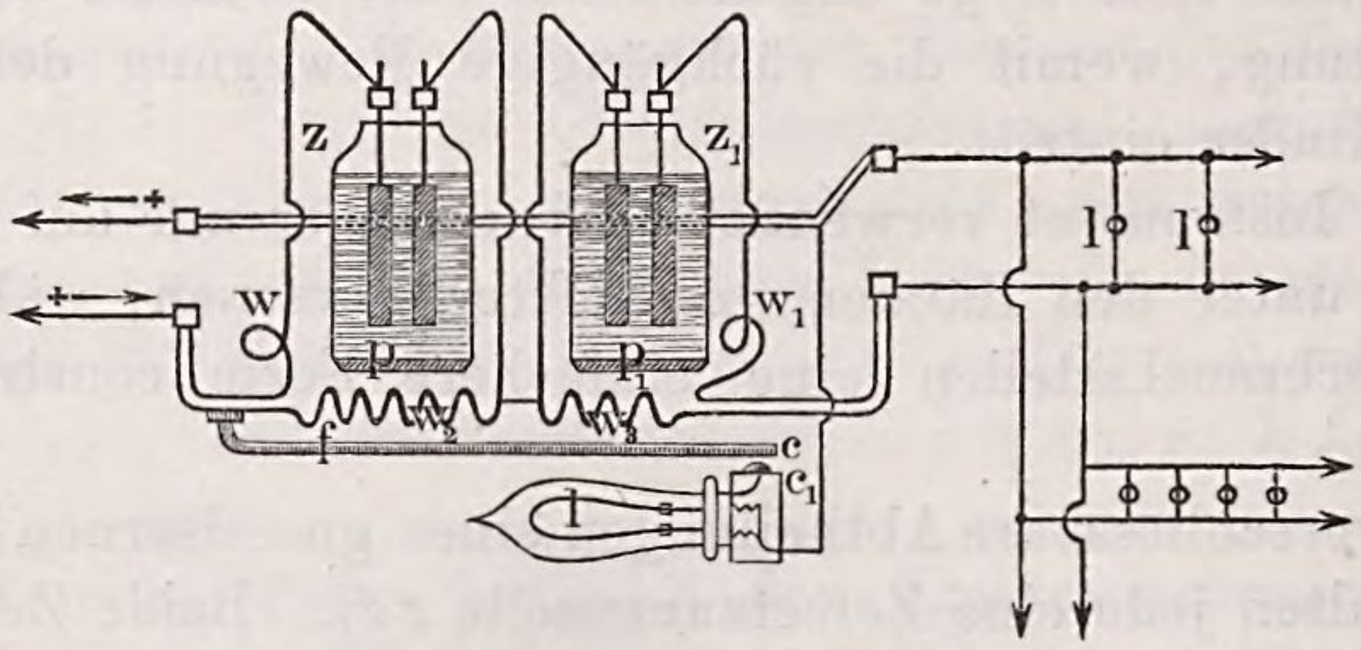
Fig. 180.



einander vollkommen gleich und bestehen aus dem Glasgefäss mit Zinkvitriollösung, in welche ein Paar amalgamirte Zinkplatten $p p_1$ tauchen, deren Verbindung im Stromkreise aus Fig. 180 a (a. f. S.) zu erkennen. Jede Zelle hat Anschluss an einen Compensationswiderstand (w und w_1) und an einen künstlichen Widerstand ($w_2 w_3$) aus wellenförmigem Neusilberblech. Letzterer ist so angeordnet, dass Zelle z einen viermal stärkern Strom empfängt als Zelle z_1, welchem bekanntlich das Gewicht des Metallniederschlags entspricht. Die Compensationswiderstände $w w_1$ bestehen aus isolirtem

Kupferdraht und dienen zur Ausgleichung der durch Temperaturwechsel veränderten Widerstände. Bei Metallen vergrössert, bei

Fig. 180a.



Flüssigkeiten vermindert sich der Widerstand mit Zunahme der Temperatur (S. 10 und 12), und diesen Umstand benutzt Edison zur Compensation in den Zellenkreisen.

Unter den Neusilberwiderständen liegt eine aus zwei Metallen gebildete Feder *f*, welche sich unter Temperaturveränderungen in bestimmter Richtung biegt. Diese Feder endet in einem Contactstück *c*, welchem der Contact c_1 einer Edison'schen Vacuumlampe *l* gegenübersteht.

Beide Contactstücke treten durch das Abbiegen der Feder *f* in Berührung, sobald die Temperatur des Instruments unter einen bestimmten Grad fällt. Der Strom führt dann auch durch die Lampe *l*, deren Wärmeausstrahlung die Temperatur der Luft innerhalb des Apparats steigert, womit sich Contact c/c_1 wieder öffnet resp. die Lampe selbstthätig ausschaltet.

Die in diesen Zersetzungszellen, in Stelle der Kupfercylinder der ältern Construction, zur Anwendung kommenden Zinkplatten pp_1 sind 76 mm lang, 25 mm breit und 6 mm dick und werden durch Eboniteinlagen und eine aus der Plattenmitte wirkende Ebonitschraube, in der Entfernung von 6 mm, parallel auseinandergehalten. Die Zinkvitriollösung besteht aus 90 Theilen reines schwefelsaures Zinkoxyd und 100 Theilen destillirtes Wasser, was dem specifischen Gewicht der Lösung von 1,33 bei 18° C. entspricht.

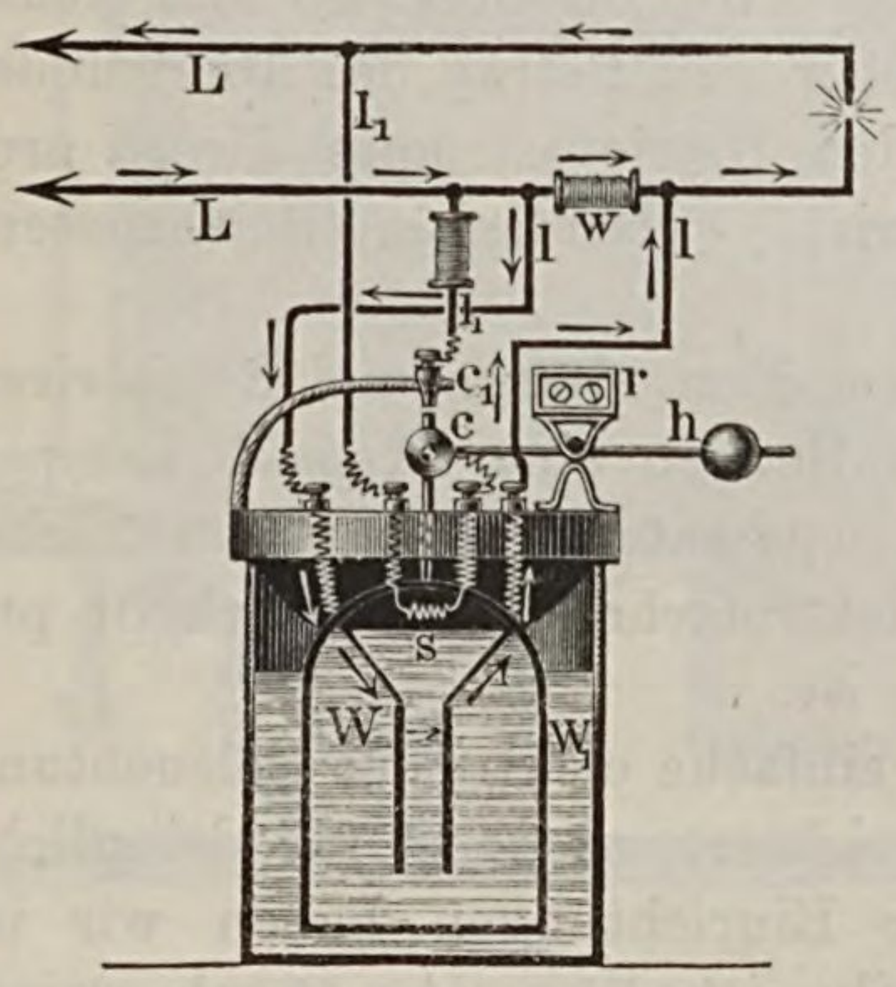
Die zweite Zelle z_1 dient lediglich zur Controle und wird zu diesem Zwecke besonders unter Verschluss gehalten. Zelle *z* wird monatlich, z_1 vierteljährlich einmal ausgewechselt, wobei beide Platten, zur Feststellung des Elektricitätsverbrauchs, gewogen

werden. Das Gewicht des übertragenen Metalls, dividirt durch die pro Weber und Stunde zersetzte Menge Zink, in Milligrammen, giebt den verbrauchten Strom in Weber's (Ampère's).

Dies Instrument ist in zwei Grössen, für 25 und 50 Lampen im Kreise, hergestellt.

Edison hat sich auch eine ähnliche Einrichtung, bei welcher in Stelle der Kupfervitriollösung gesäuertes Wasser durch den elektrischen Strom zersetzt wird, innerhalb des Deutschen Reichs patentiren lassen. Das Arrangement (Fig. 181) ist dabei einfacher. Aus der Schleifleitung $L\,L$, zu beiden Seiten eines künstlichen Widerstandes w, führt über $l\,l$ ein bestimmter Zweigstrom durch das mit Wasser gefüllte Gefäss W, welches in der Wasserfüllung des Gefässes W_1 schwimmt. Das Wasser in W wird durch den Zweigstrom zersetzt; die daraus gebildeten Gase vermindern das specifische Gewicht und das Gefäss W hebt sich im Wasser des Gefässes W_1. Mit W wird auch der Contactstift c gehoben, welcher den mit dem Registrirapparat r verbundenen Hebel h bewegt, und schliesslich den Contact c_1 trifft. Sobald aber der Contact c/c_1 geschlossen, führt ein zweiter Strom aus den Leitungen $L\,L$ über $l_1\,l_1$ durch eine innerhalb des Gefässes W_1, über der Wasserfüllung, befindliche Spirale s, deren Erglühen das gebildete Knallgas momentan, zur Rückbildung in Wasser, zersetzt. Damit sinkt das Gefäss W wieder in die ursprüngliche Lage zurück, der Stromkreis $l_1\,l_1$ öffnet sich und der Vorgang kann sich wiederholen. Da die Menge des aus der Wasserzersetzung gebildeten Gases der Stärke des zersetzenden Stromes proportional ist, so kann, unter Berücksichtigung des Widerstandsverhältnisses der aus der Hauptleitung L verzweigenden Nebenleitung l, durch die Zahl der am Registrirapparat r angezeigten Hebungen und Senkungen, der Elektricitätsverbrauch direct bestimmt werden, sofern die Einrichtung mit der gebotenen Vorsicht umgeben ist.

Fig. 181.



Im Weitern bedient sich Edison zum Messen und Registriren elektrischer Ströme einer kleinen Dynamomaschine, welche in der Bewegung des Inductors durch den zu messenden Betriebsstrom (S. 407, Anmerk. 1) Arbeit leistet. Die Schaltung ist verschieden; entweder liegen Elektromagnet und Inductor dieser kleinen Maschine im Hauptstrom oder in einem Zweige desselben, oder ersterer im Hauptstrom und letzterer im Zweigstrom. Die Inductorwelle kann mit Windflügeln oder mit Schaufeln versehen sein, welche in einem mit Glycerin gefüllten Gefäss Widerstand finden, und die dadurch verzögerte Bewegung des Inductors wird durch Trieb und Achse auf einen Zeiger übertragen, welcher den Betrag des überwundenen, der Stärke des zu messenden Betriebsstromes direct proportionalen Widerstandes registrirt. (Deutsches Reichspatent Nr. 18765.)

Auch Swan hat einen Apparat zum Messen und Registriren des elektrischen Stromes für den Betrieb einer Anzahl Lampen construirt, welcher im Deutschen Reiche patentirt (Deutsches Reichspatent Nr. 17189) und in der elektrotechnischen Zeitschrift pro 1882, Heft V, S. 209, beschrieben ist.

Dass die Installation für die einfache elektrische Beleuchtung durch fahrbare Einrichtungen erleichtert wird, ist für dringliche Fälle nothwendig. Auch dieser Einrichtungen haben wir im §. 17 (S. 142) gedacht [1]). Amerika ist darin aber noch weiter gegangen [2]).

So ist seitens der Anglo-American Brush Electric Light Company eine vollständige fahrbare Einrichtung zur elektrischen Beleuchtung für Bahnzwecke hergestellt. Fig. 182 zeigt das Gesammtarrangement innerhalb des aus Eisen construirten, zum Einstellen in jeden Eisenbahnzug geeigneten Wagens. Derselbe ist im disponiblen Raum 5,5 m lang, 2,45 m breit und 2 m hoch. Eine Wand *w* scheidet darin zwei Theile, von denen einer den Wasserbehälter *B* und den Dampfkessel *K* enthält, welchem sich der Kohlenraum zu beiden Seiten und nach hinten anschliesst, der

---

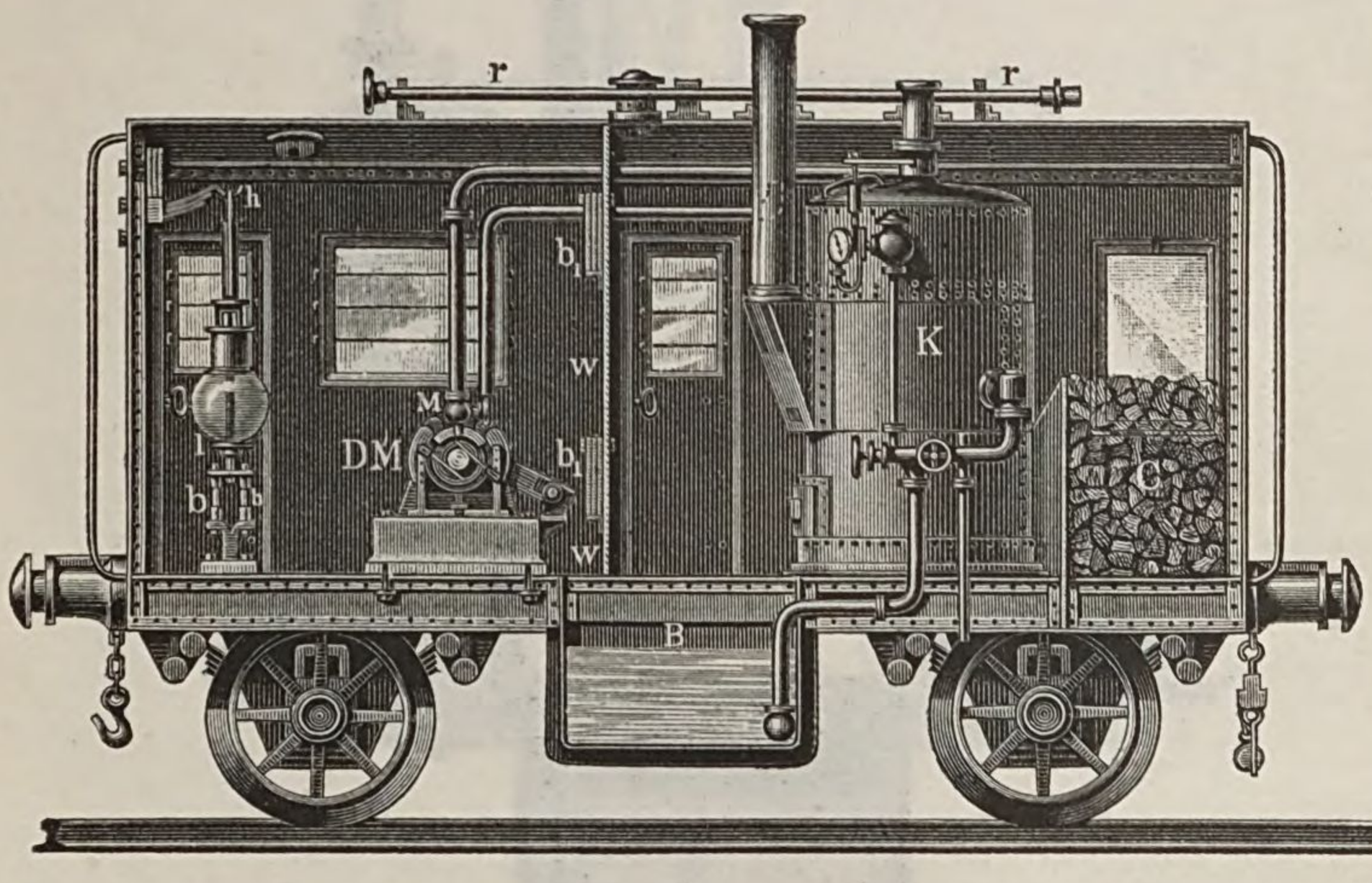
[1]) Bei einer Lichtstärke von 4500 Normalkerzen, unter Anwendung des Mangin'schen Projectors von 40 cm Durchmesser, lassen sich bei klarem Wetter 3 km entfernt Gegenstände genügend beleuchten, und mit 15000 bis 19000 Normalkerzen Lichtstärke, bei 90 cm Durchmesser des Projectors soll das Terrain bis zu einer Meile beherrscht werden können.

[2]) Engineering, Vol. XXXIII, Febr. 3. 1882. S. 109 ff.

andere den Dampfmotor *M*, die dynamo-elektrische Maschine *DM* und die elektrischen Lampen *l* aufnimmt.

Von beiden Seiten des Wagens führt je eine Thür in den Kesselraum und eine dritte Thür von aussen in den durch die

Fig. 182.



Maschinen *M* und *DM* gewissermaassen getrennten Lampenraum, während Maschinen- und Kesselraum durch eine Glasthür in der Zwischenwand *w* verbunden sind, so dass es nur einer Person zur Ueberwachung der Einrichtung beider Räume bedarf.

Den zum Betriebe erforderlichen Dampf liefert ein Cochrane-Dampfkessel *K*, 2 m hoch, 1 m Durchmesser, mit 7,85 qm Heizfläche.

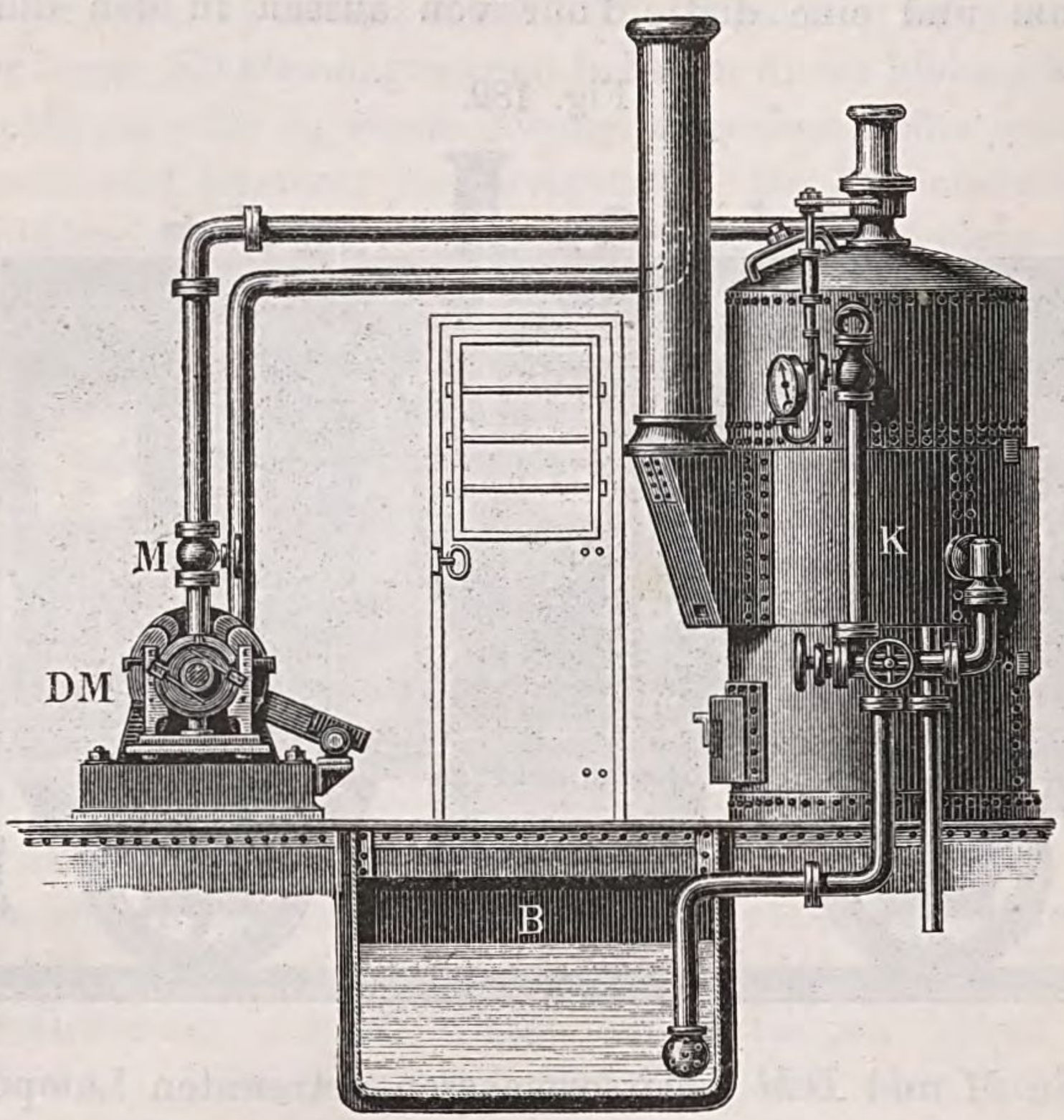
Der Dampfmotor *M* ist eine Drei-Cylindermaschine von Brotherhood, welcher die dynamo-elektrische Maschine *DM* der Construction Brush (Fig. 68e) zu vier Lampen à 3000 Normalkerzen Leuchtkraft, treibt.

Die maschinelle Einrichtung und deren Zusammenhang besser zu erkennen, bringen wir dieselbe in den Figuren 182a und 182b (a. f. S.) in etwas grösserm Maassstabe, für den Auf- und Grundriss.

Von den zur Ausrüstung gehörenden vier Lampen hängen drei an der vordern Wagenwand, innerhalb des Lampenraumes, in der durch Fig. 182 bezeichneten Lage, und die vierte ist in ähnlicher

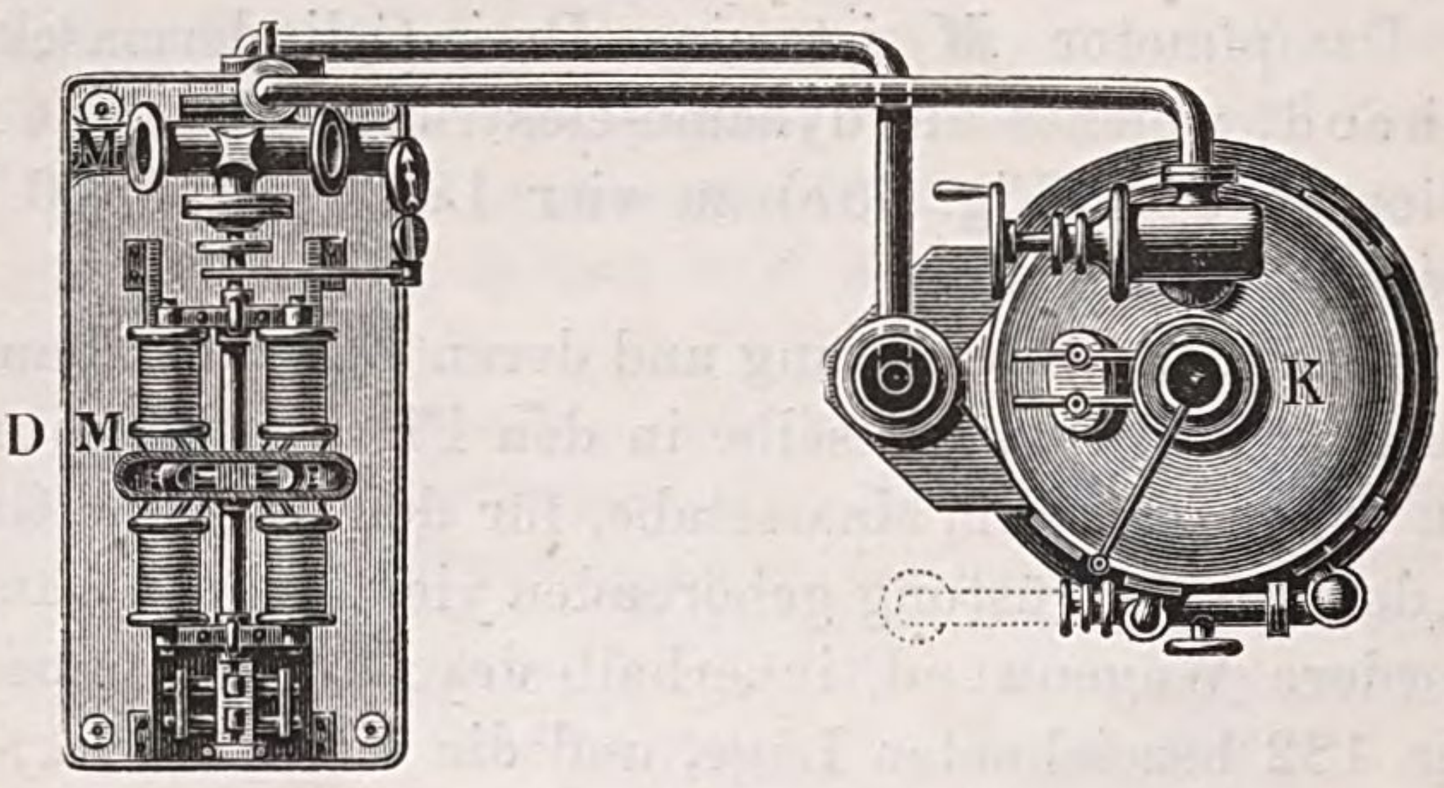
Weise an der einen Längsseite angebracht. Die Aufhängung ist so gewählt, dass Erschütterungen und Stösse des Wagens sich auf

Fig. 182a.



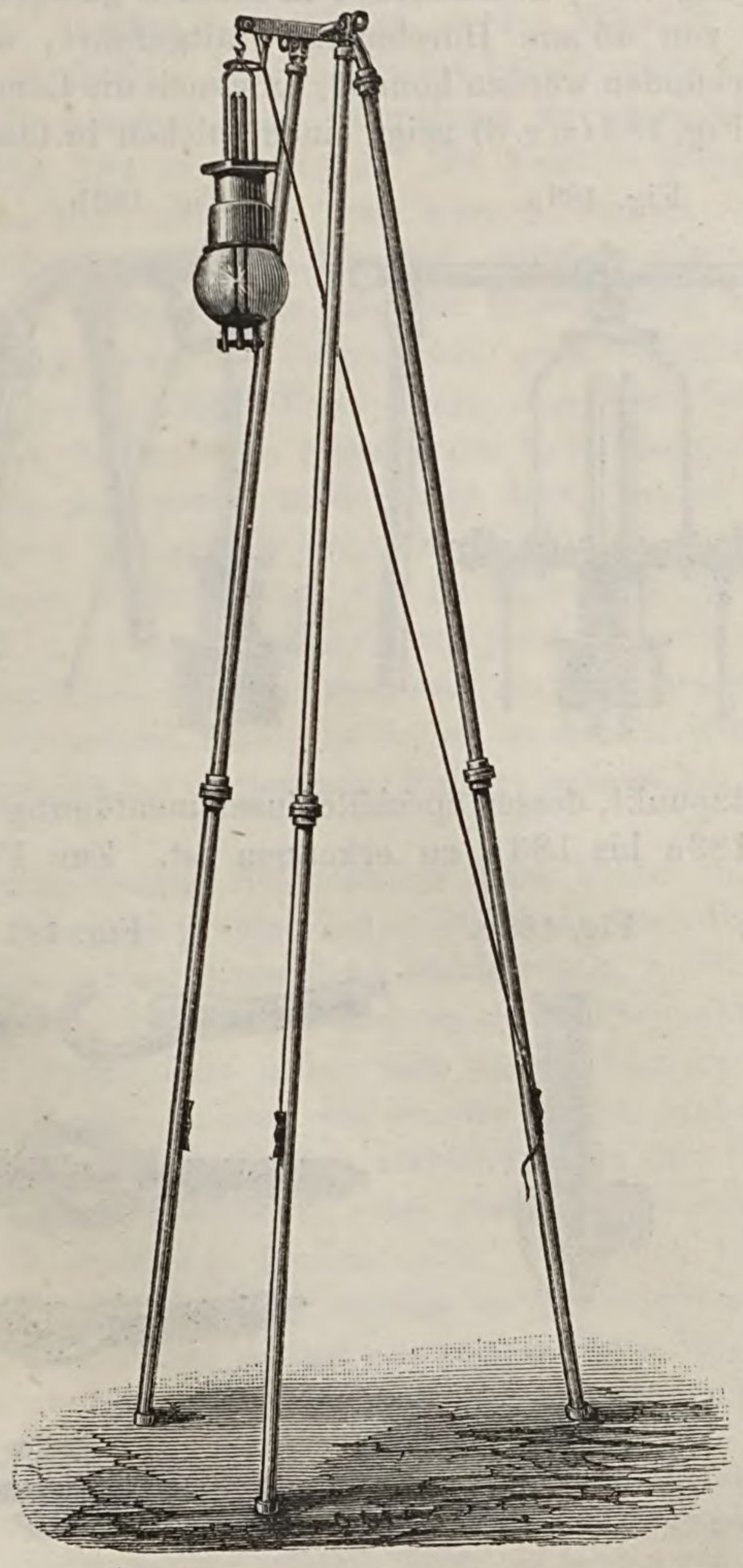
die Lampen nicht übertragen. Den eigentlichen Aufhängepunkt bildet ein federnder Haken *h*, und durch zwei Gummibänder *b* ist jede Lampe senkrecht nach unten gespannt. In dieser unveränderlichen Lage kann die Lampe während der Fahrt für den

Fig. 182b.



Gebrauch vorbereitet resp. eingestellt werden, und da auch jederzeit Dampf zu machen, so lässt sich die beabsichtigte Beleuchtung

Fig. 183.

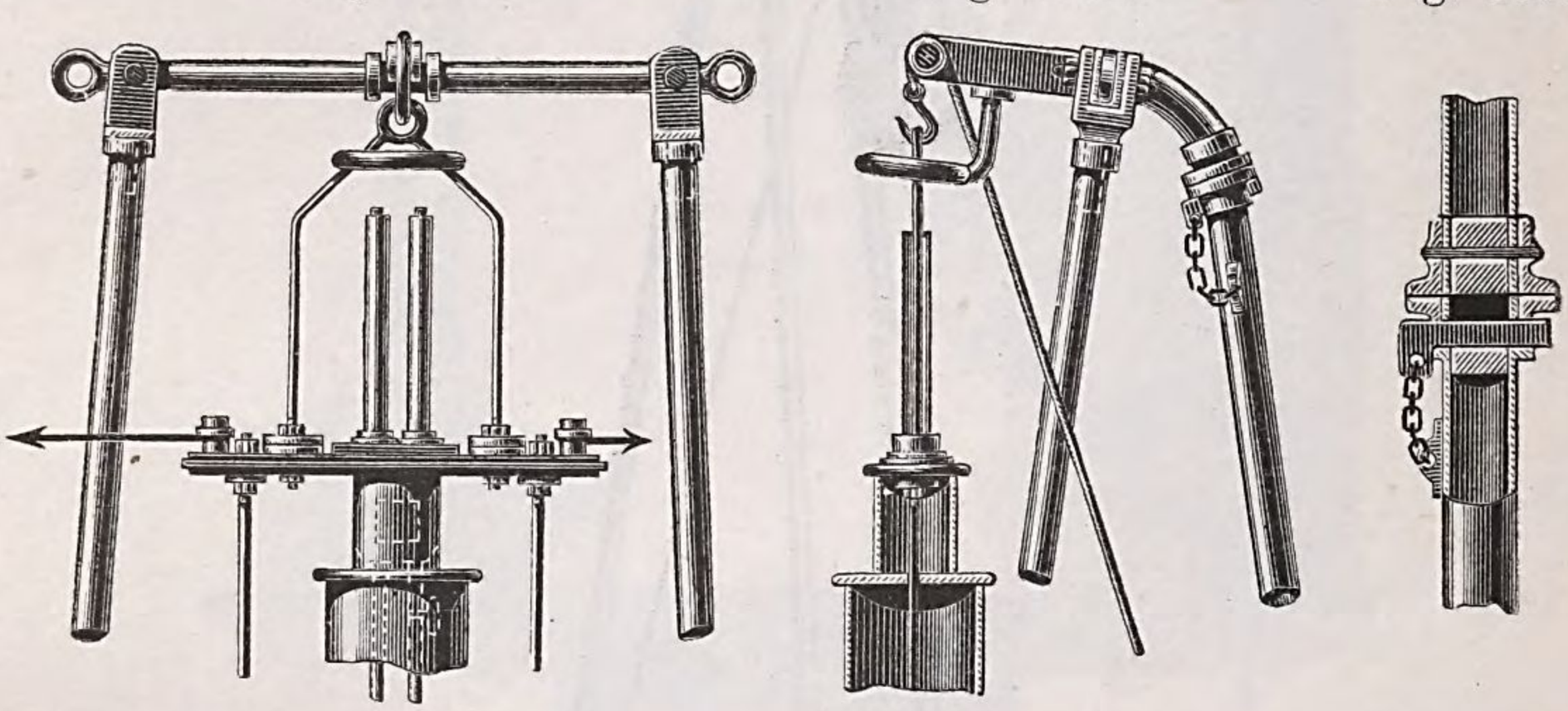


bei Ankunft am Gebrauchsorte ohne Verzug ausführen; es ist dazu nur nöthig, die Lampen in entsprechender Weise aufzu-

stellen und mit der dynamo-elektrischen Maschine leitend zu verbinden.

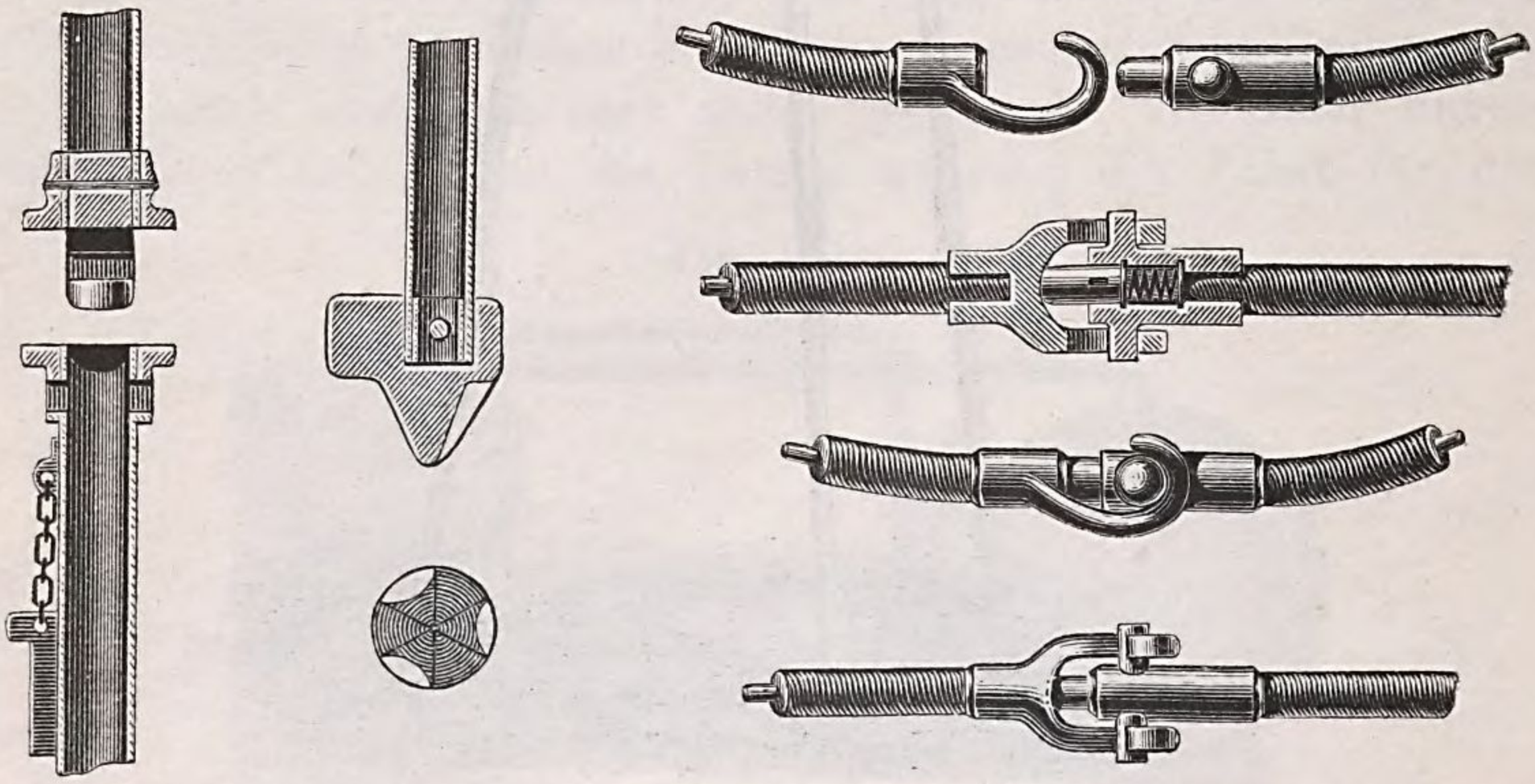
Zur Bildung der Stützpunkte werden auf dem Dache des Wagens (Fig. 182), übersichtlich in Stützen gelagert, leichte Stahlröhren *r* von 45 mm Durchmesser mitgeführt, welche zu Dreifüssen verbunden werden können, an denen die Lampen aufgehängt werden. Fig. 183 (a. v. S) zeigt einen solchen in fünf Theile zerleg-

Fig. 183a. Fig. 183b. Fig. 183c.



baren Stützpunkt, dessen specielle Zusammenfügung aus den Detail-Figuren 183a bis 183e zu erkennen ist. Zur Feststellung des

Fig. 183d. Fig. 183e. Fig. 184.



Systems im Boden dient der jedem Eisenrohr zugefügte Schuh (Fig. 183e) aus schmiedbarem Gusseisen. Zum Schutz gegen Be-

schädigungen beim Ver- und Entladen der Stahlröhren sind die Fenster des Wagens mit Eisenstangen versehen.

Die zur Verbindung der Lampen mit der dynamo-elektrischen Maschine erforderlichen Leitungen (230 m) sind, in Längen von 30 und 15 m zu Bunden b_1 vereinigt, an den Wänden des innern Wagenraumes vertheilt. Jede Länge ist behufs schneller Bildung des Kreises mit automatischer Kuppelung versehen, deren Einrichtung aus Fig. 184 zu erkennen. Die positive Kuppelung besteht aus einem Metallrohr mit zwei kurzen, seitlich angesetzten Zapfen und enthält einen Metallstempel, welcher unter der Wirkung einer starken Spiralfeder aus der Rohröffnung heraustritt; die negative Kuppelung ist durch zwei parallelgestellte Haken gebildet, deren gabelförmige Vereinigung eine Vertiefung enthält, in welche, durch die Kraft der Spirale, der Metallstempel der positiven Kuppelung eingepresst wird, wenn deren Zapfen in die Haken der negativen Kuppelung eingesetzt sind.

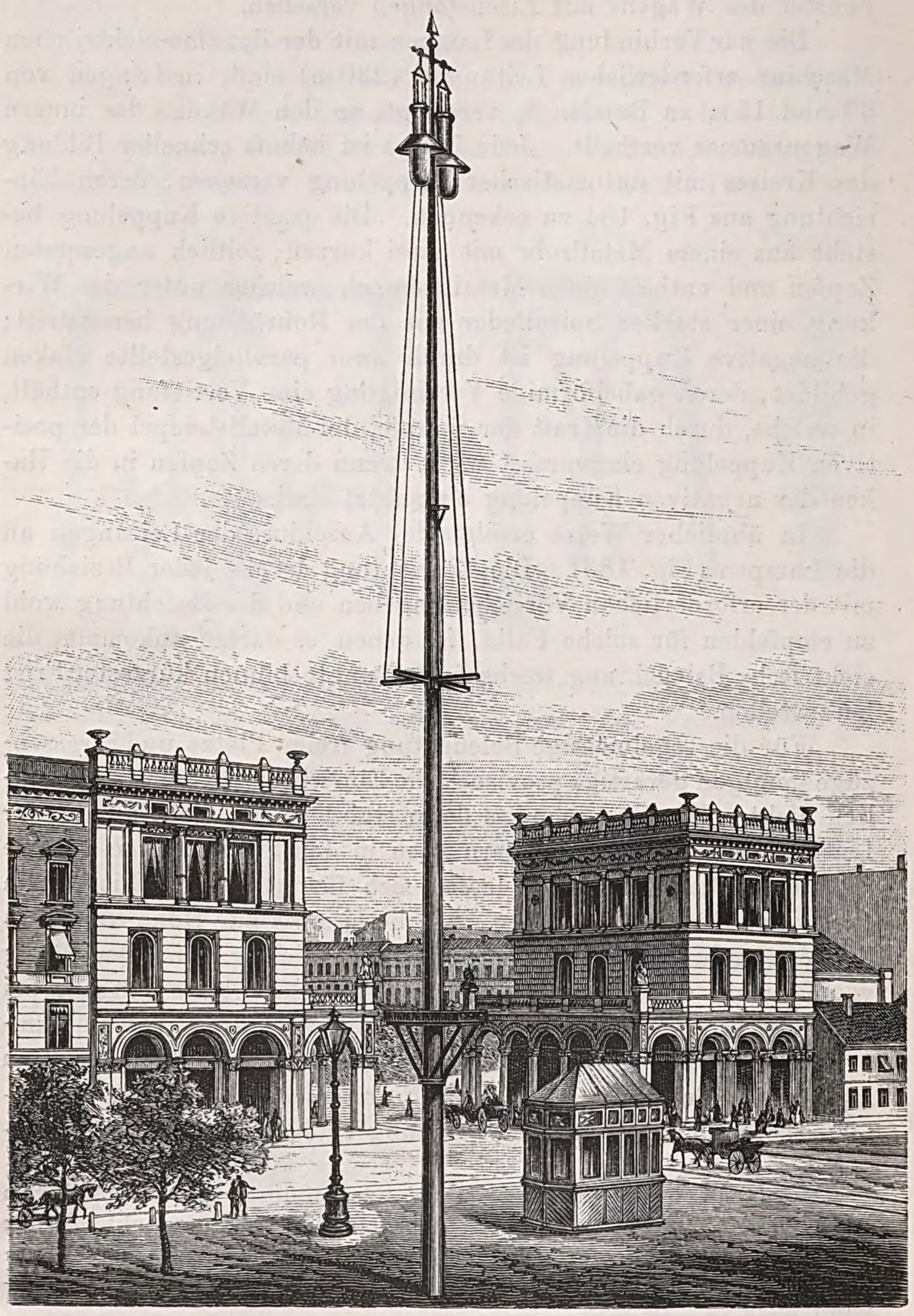
In ähnlicher Weise erfolgt der Anschluss der Leitungen an die Lampen (Fig. 183). Die Einrichtung ist in jeder Beziehung mit der erforderlichen Vorsicht umgeben und der Beachtung wohl zu empfehlen für solche Fälle, in denen es darauf ankommt, die elektrische Beleuchtung wechselnder Punkte binnen kürzester Frist herzustellen.

Für die regelmässige Beleuchtung freier Plätze und Strassenzüge genügen derartige provisorische Einrichtungen selbstverständlich nicht. Das System muss dann stabiler sein, nicht nur in der Leitungsverbindung [1]), sondern auch in den Stützpunkten für die Lampen. Die Stützpunkte lassen sich für schwächere Lichter in Form der Gasständer bilden, wie bereits bis zur Höhe von etwa 8 m Anwendung gefunden haben; starke Lichter zur Beleuchtung von Plätzen, Kreuzungspunkten resp. geraden Strassenzügen, bei centralisirter Beleuchtung, fordern aber wesentlich höhere Lampenständer, deren Ausbildung bislang noch wenig vorgeschritten ist. Es kommt nicht nur darauf an, angemessene Stärkenverhältnisse, sondern auch die der Umgebung entsprechenden Formen da-

---

[1]) Solche Leitungen lassen sich auch aus frei durch die Luft geführtem Draht bilden; sofern dabei die Lampenständer als Stützpunkte für die Drahtleitung benutzt werden sollen, bedarf es besonderer Vorsicht betreffs deren Stärken, worüber Merling's Telegr. Technik (S. 130) Auskunft giebt.

Fig. 185.



für zu finden und zwar sowohl für die Säule selbst, wie auch für die

Fig. 185a.

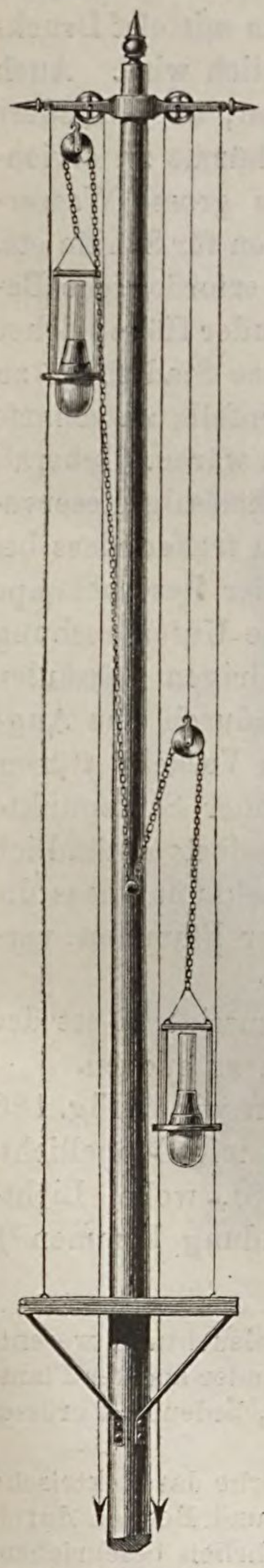
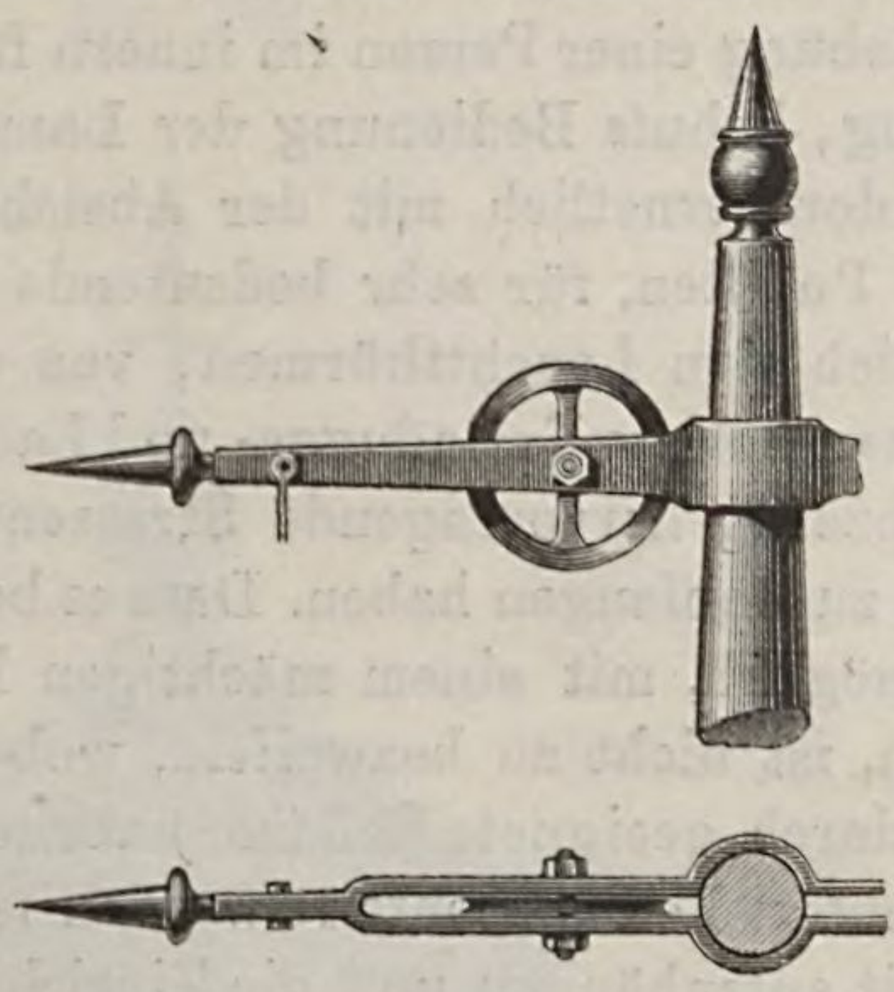


Fig. 185b.



Aufhängung, welche überdies leichte und sichere Bedienung gestatten muss. Bisher hat man sich meist der Holzmaste (Fig. 185) dazu bedient und die Aufhängung der Lampen in gewöhnlichen Aufzügen (Fig. 185a und 185b) mit Kurbelwerk gebildet, wobei der Aesthetik wenig Rechnung getragen war. Dass, bei der grossen Regsamkeit zur Einführung der öffentlichen elektrischen Beleuchtung, auch nach dieser Richtung in nicht ferner Zeit das Ziel erreicht werden wird, lässt sich erwarten, obgleich die Schwierigkeiten nicht zu verkennen sind, welche sich, namentlich auch in Rücksicht auf den Kostenpunkt, an derartige Constructionen knüpfen und schon in der Ausbildung der Gasständer wesentlich geringerer Dimensionen recht störend hervortraten.

Für Holzmaste von 20 m Höhe hat man bereits Stärken von 14 cm am Zopf- und 38 cm am Stammende wählen zu müssen geglaubt, während es in der Absicht liegt, Stützpunkte von 50 m Höhe und darüber zu bilden.

Die grösste Regsamkeit in Anwendung der öffentlichen elektrischen Beleuchtung beobachtet

man in den Vereinigten Staaten Amerikas, wo auch Versuche in Aussicht stehen sollen, die Stützpunkte für starke elektrische Lichter aus Eisen in Röhrenform zu construiren mit solchem Durchmesser, dass die Hebung einer Person im innern freien Raum mittelst Druckvorrichtung, behufs Bedienung der Lampen, möglich wird. Auch soll man dort ernstlich mit der Absicht umgehen, an besonders wichtigen Punkten, für sehr bedeutende Höhen, Thürme zu errichten, ähnlich den Leuchtthürmen, von denen aus grosse Wasserflächen, ausgedehnte Entladungs- und Ladungsstellen für Schiffe etc. und gleichzeitig hervorragende Strassenzüge die erforderliche Beleuchtung zu empfangen haben. Dass es bei genügender Höhe solcher Thürme möglich, mit einem mächtigen Licht ganze Stadttheile zu beleuchten, ist nicht zu bezweifeln, wobei nöthigenfalls zu scharfe Schatten durch geeignete Reflexe [1]) abzuschwächen wären. Ueberall wo die Lichtquellen concentrirt werden ist es zweckmässig, Reservelampen mit aufzuhängen und die Einrichtung so zu treffen, dass bei etwaigem Verlöschen der Flamme eine zweite oder Reservelampe automatisch zündet, damit in der Beleuchtung eine Unterbrechung nicht eintreten kann. Stärkere Lichter auf niedrigen Gassäulen zu unterhalten, hat sich nicht bewährt, weil dadurch das Auge geblendet wird und scharfe, lange Schatten den Verkehr stören. Je mehr die Lichtausgabe durch Einrichtung hoher Stützpunkte concentrirt wird, desto mehr nähert man sich selbstverständlich der natürlichen Beleuchtung. Im Uebrigen ist bekannt, dass die Kosten der Beleuchtung sich mit der Stärke der Flammen vermindern (§. 11).

Wenn dies bei Leuchtthürmen nicht immer zutrifft, so ist der Grund einfach in besondern localen Verhältnissen zu suchen.

Zur Vervollständigung der Anschauung liefern wir in Fig. 186 das Bild der Laterne französischer Leuchtthürme mit Doppellicht, unterstützt durch besondere Linsensysteme (S. 88), wobei Lichtstärken von etwa 4000 Normalkerzen zur Anwendung kommen [2]).

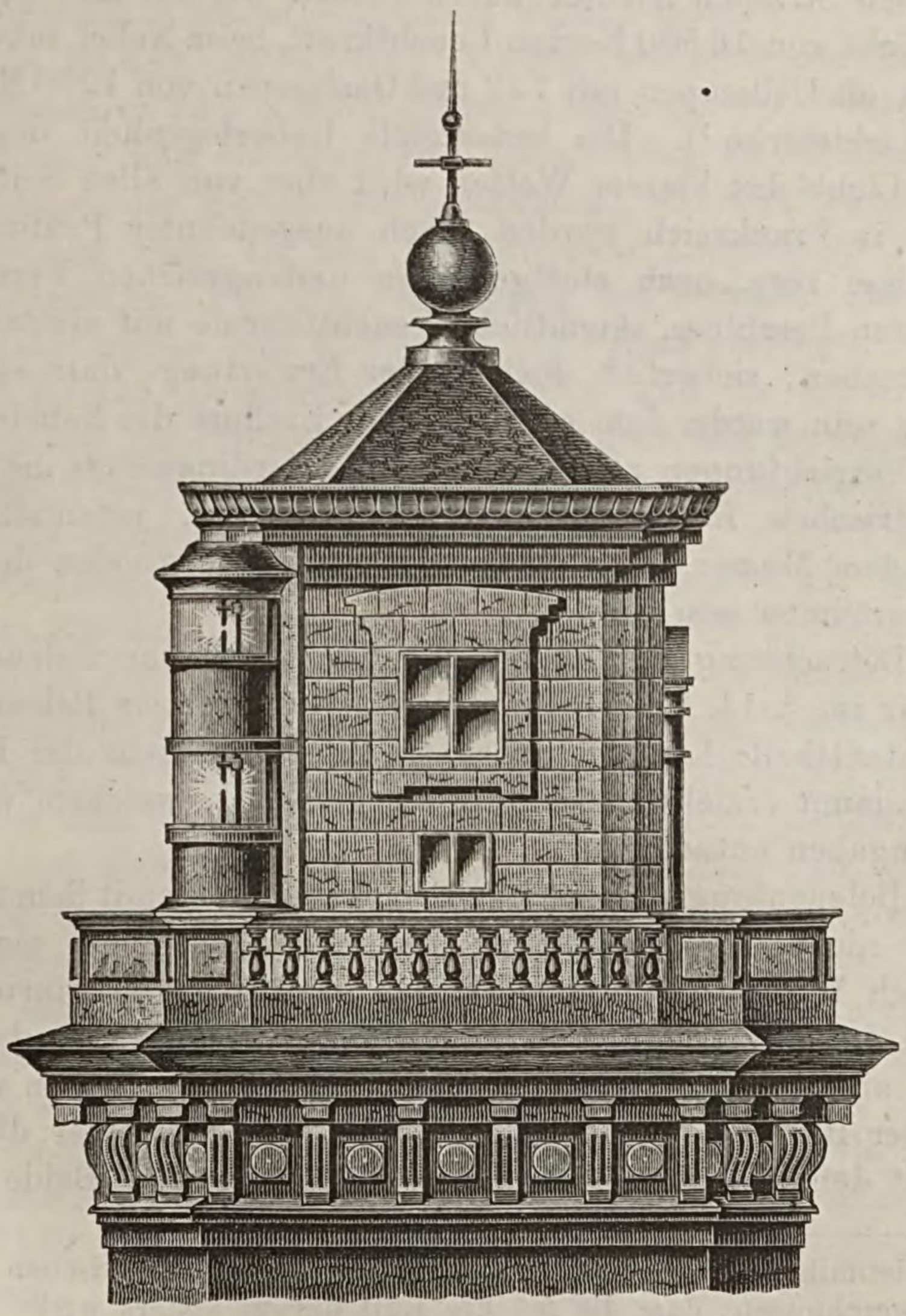
---

[1]) Durch reflectirtes Licht wird die elektrische Beleuchtung wesentlich unterstützt. Dasselbe gestattet, bei Anwendung minder starker Flammen, in Strassen, welche auf beiden Seiten bebaut sind, bedeutend grösseres Intervall unter den Lampenständern.

[2]) Der Leuchtthurm mit freiliegender Laterne, welche das elektrische Licht nach allen Seiten frei ausstrahlt, ist in Anlage und Betrieb durch Engineering, Vol. XXXIII, Juni 23. 1882, S. 622, ausführlich beschrieben.

Die Installation ist um so einfacher, je weniger Flammen zu unterhalten sind und wird, nach unsern desfallsigen Ausführungen, be-

Fig. 186.



sonderer Betrachtung für Leuchtthürme nicht bedürfen, in denen der Gesammtapparat in der Regel vereinigt ist.

Wir möchten bei dieser Gelegenheit nicht unbemerkt lassen, wie sich nach neueren Erfahrungen [1]) an die elektrische Beleuchtung der Leuchtthürme der Uebelstand knüpfen soll, dass Nebel

---

[1]) Hansa, Zeitschrift für Seewesen, Nr. 7, pro 1882.

das Licht erheblich mehr verdecken als bei Anwendung von Oel- oder Gasflammen.

Man will beobachtet haben, dass Nebel und Rauch von rothen und gelben Strahlen leichter durchbrochen werden und das elektrische Licht von 16 500 Kerzen Leuchtkraft, beim Nebel schwächer erscheint, als Oellampen mit 722 und Gaslampen von 1200 Normalkerzen Lichtstärke [1]). Die bedeutende Ueberlegenheit des elektrischen Lichts bei klarem Wetter wird aber von allen Seiten anerkannt; in Frankreich werden, nach ausgedehnter Prüfung der Verhältnisse resp. nach stattgehabten umfangreichen Versuchen, auf neueren Beschluss, sämmtliche Leuchtthürme mit elektrischem Licht versehen, sicherlich doch in der Erwartung, dass es nicht schwierig sein werde, dem schwächenden Einfluss des Nebels durch einfache Vorrichtungen zu begegnen, die allerdings stets die Stärke des elektrischen Lichts beeinträchtigen mögen, jedenfalls aber nicht in dem Maasse, dass andern Beleuchtungsmethoden der Vorzug einzuräumen sein werde.

In Betrachtung der Kosten für die elektrische Beleuchtung haben wir im §. 14, S. 100, des grossen Versuchs zur Beleuchtung einiger Stadttheile Londons gedacht. Es ist nunmehr der Bericht über die damit erzielten Resultate erschienen [2]), welchem wir folgende Angaben entnehmen:

Die Beleuchtung des zweiten Bezirks ist auch mit dem System Lontin nicht zur Ausführung gekommen, sondern man hat schliesslich Weston's Lampe (§. 64) gewählt. Die Einrichtung ist durch die eingetretenen Veränderungen verzögert, so dass der Versuch mit diesem System erst im April 1883 geschlossen werden kann. Der Bericht spricht sich deshalb auch nur über die Versuche mit den Systemen Brush und Siemens aus. Beide haben

---

[1]) Jedenfalls ist es bei der Eigenartigkeit des elektrischen Lichts nicht ausgeschlossen, dass die feuchte Luft darauf anders wirkt als auf Oel- und Gasflammen. Im Uebrigen bringt das amtliche Centralblatt der Bauverwaltung, Nr. 33, pro 1882, aus dem Maiheft der „Annales des Ponts et Chaussées“ eine höchst interessante Widerlegung, worin constatirt wird, dass das elektrische Licht sich als Leuchtfeuer in keinerlei Weise unzuverlässig gezeigt hat und als vortreffliche Errungenschaft für die Küstenbeleuchtung betrachtet werden kann, indem es eine Beschränkung der Zahl der Leuchtthürme gestattet und die Sicherheit der Seeschiffahrt in hohem Grade vermehrt.

[2]) Engineering, Vol. XXXIV, Juli 14. 1882, S. 38.

in dem Maasse befriedigt, dass man geneigt war, der elektrischen Beleuchtung weitere Ausdehnung zu geben, wovon aber, theils wegen zu hoher Forderung, theils wegen schwebender Parlamentsverhandlungen über gesetzliche Regelung der elektrischen Beleuchtung hat Abstand genommen werden müssen.

Die Brush-Beleuchtung kostete während der Dauer des Versuchsjahres 13200 Mark (gegen 13800 Mark der frühern Gasbeleuchtung) und die Siemens-Beleuchtung 45400 Mark (gegen 12240 Mark der frühern Gasbeleuchtung), während die elektrische Beleuchtung resp. 15 und 20 Mal mehr Licht ausgab, als die Gasbeleuchtung. Für die Fortsetzung des Versuchs auf ein weiteres Jahr wurde eine Erhöhung der Preise verlangt, und zwar für die Brush-Beleuchtung auf 16000 und für die Siemens-Beleuchtung auf 72000 Mark. Erstere Forderung ist angenommen, letztere, unter Wiederaufnahme der Gasbeleuchtung, wegen zu bedeutender Höhe abgelehnt.

Die Brenndauer während des Versuchsjahres war festgestellt auf 141900 Lampenstunden für das Brush- und auf 146200 Lampenstunden für das Siemens-System; es fanden aber bei ersterm in 660, bei letzterm in 320 Fällen Unterbrechungen statt, mit resp. 3142 und 837 Lampenstunden, welche indess nicht ohne Weiteres den Systemen zur Last gelegt werden können. Einige Tage nach Eröffnung des Betriebes stellte sich nämlich heraus, dass die Anlage Brush mangelhaft isolirt war, was die Einrichtung einer neuen Leitung nöthig machte, wogegen das Siemens-Kabel, ebenfalls alsbald nach der Ingebrauchnahme, durch äussere Angriffe beschädigt wurde und reparirt werden musste. Der Ausfall daraus in der Beleuchtung betrug bei Brush 2630, bei Siemens 345 Lampenstunden, so dass sich die zur Beurtheilung des Systemes in Betrachtung zu ziehenden Unterbrechungen auf resp. 3142—2630 = 512 und 837—345 = 492 Lampenstunden reduciren.

Von diesen Unterbrechungen entfallen bei auf:	Brush Stund.	Brush Min.	Siemens Stund.	Siemens Min.
Mängel im Maschinenbetriebe	209	30	128	—
Böswilligkeit	—	23	—	—
Mängel der Kohlen	6	10	214	—
Defecte an den Lampen	112	7	144	—
Unaufmerksame Bedienung	26	13	—	—
Bruch der Lampenständer	103	—	—	—
Ausgebrannte Kohlen	18	48	5	—
Kurzen Kreisschluss	—	—	7	29

Diese Mängel bezeichnen die Wege für die Aufbesserung. Den Unregelmässigkeiten an den Maschinen lässt sich durch Reservestücke, den Mängeln der Kohlen beim Siemens-System durch Verwendung bessern Materials begegnen. Die durch Böswilligkeit und durch Bruch der Lampenständer veranlassten Störungen knüpfen sich an das oberirdische System der Leitungsanlage. Jedenfalls ist mit diesem ausgedehnten Versuche der Beweis geliefert, dass die elektrische Beleuchtung bereits einen sehr hohen Grad von Vollkommenheit erreicht hat, namentlich wenn man erwägt, dass die Gesammtzahl der Gaslampen in London 3225 Stück beträgt, bei denen im Jahre 1881 sehr schlechte Flammen in 2509 Fällen zu verzeichnen waren, wobei allerdings nicht ausser Betracht gelassen werden darf, dass Unregelmässigkeiten in der elektrischen Beleuchtung wegen des von der einzelnen Lampe beherrschten grössern Terrains weit mehr empfunden werden müssen.

Ueber die öffentliche Beleuchtung in Norwich, welcher die Figuren 185 a b entnommen, bringt Engineering Vol. XXXIII, S. 293, und in deutscher Uebersetzung die Elektrotechnische Zeitschrift pro 1882, Heft VII, S. 277, interessante Mittheilungen.

Aus der Society of Telegraph Engineers and of Electricians erscheint in Engineering Vol. XXXIV, Juli 7. 1882, pag. 11 und 12, eine erweiterte Reihe Vorsichtsmaassregeln zur Verhinderung resp. Verminderung der Gefahren bei der praktischen Anwendung starker elektrischer Ströme. Man trennt darin die Behandlung der Dynamomaschine, der Leitungen, sowie der elektrischen Lampen und hebt am Schlusse diejenigen Zustände heraus, welche Gefahren für Gesundheit und Leben der mit der Einrichtung in Berührung kommenden Personen enthalten. Wir entnehmen den Ausführungen die wesentlichsten Punkte.

Die in der Drahtwicklung und den Drahtanschlüssen vollkommen isolirte Dynamomaschine soll in trocknen, staubfreien Räumen, möglichst auf isolirten Unterlagen aufgestellt sein und in reinlichem Zustande, sowie in ihren Lagern gut geölt erhalten werden.

Von allen Leitungsdrähten wird verlangt: den herrschenden Stromstärken entsprechender Querschnitt [1]), gute Isolation, in der Verbindung der Drähte untereinander elektrisch und mechanisch untadelhafte, gelöthete Vereinigung [2]) nach bewährter Methode, und stabile, sowie übersichtliche Führung in solcher Lage, dass unberufene Personen nicht ohne Weiteres Zutritt haben und anderen leitenden Gegenständen in angemessener Entfernung ausgewichen wird.

Innerhalb geschlossener Räume sollen nur mit geeigneter, isolirender Masse gut bekleidete Drähte zur Verwendung gelangen; dieselben müssen räumlich von einander getrennt, übersichtlich geordnet, gut unterstützt, wenn leicht zugänglich, durch besondere Bedeckung gegen Berührung geschützt und überall so vollkommen untereinander verbunden sein, dass selbst stärkere Ströme keinen Theil der Leitung über 150° F. (71,5° C.) zu erhitzen im Stande sind.

Für die Verbindung mit der Hauptleitung werden abschmelzbare Sicherheitsvorrichtungen [3]) (S. 392) verlangt; Umschalter (Fig. 50) sollen gut schliessen, so dass innerhalb derselben weder Funkenbildung noch Erwärmung eintreten kann. Sicherheitsvorrichtung und Umschalter müssen Unterlagen aus unverbrennlichem, isolirenden Material erhalten.

Unbekleidete, auf Isolatoren ruhende Drähte der äussern Leitung sollen in der Nähe der Isolatoren, mindestens bis 0,6 m zu beiden Seiten derselben, mit isolirendem Material umgeben sein.

Unterirdische oder verdeckt geführte Drähte sollen in ihrer Lage äusserlich genügend bezeichnet, in der Nähe leitender Gegenstände und gegen äussere Beschädigung besonders geschützt, so-

---

[1]) Merkliche Erhitzung der Drähte soll durch entsprechende Querschnittgrösse vermieden werden.

[2]) Die Abhandlung liefert zwei Muster solcher Verbindungen durch Abbildung.

[3]) Eine derartige Vorrichtung ist S. 11 desselben Heftes (Engineering), speciell beschrieben und abgebildet.

wie behufs der Revision und Reparaturausführung leicht zugänglich sein.

Die Bildung einer besondern Erdleitung zur Vervollständigung des Leitungskreises (§. 17) wird für gewöhnlich nicht gutgeheissen, die Einschaltung von Gas- oder Wasserröhren aber entschieden gemissbilligt; dringend empfohlen wird wiederholte Untersuchung des Zustandes der Leitungsanlage mittelst geeigneter Instrumente.

Betreffs der elektrischen Lampen wird die Vorsicht nur auf solche Constructionen ausgedehnt, welche das Bogenlicht erzeugen. Der Einschluss solcher Lampen in besondere Laternen, als Schutz der Umgebung gegen abfallende, brennende Kohlenstücke, in Glasglocken mit Drahtbespinnung (S. 359) und entsprechendem Verschluss gegen Funkensprühen, sowie die Bekleidung der den Händen zugänglichen leitenden Lampentheile mit isolirenden Stoffen, werden als nothwendig bezeichnet.

Im Weitern sucht man die Vorsicht darin zu verstärken, dass durch entsprechendes Leitungsarrangement, bei Berührung der Drähte niemals Theile getroffen werden, deren Potentialdifferenz 60 Volts übersteigt, sowie dass zwischen zwei Punkten der Leitungen innerhalb eines geschlossenen Raumes nicht über 200 Volts Potentialdifferenz (S. 16) herrschen soll; in allen Fällen aber, wo dieses letztere Maass überschritten wird, verlangt man die Einrichtung eines Umschalters ausserhalb des Gebäudes, an der Ein- resp. Zuführung, welcher die Abstellung des elektrischen Stromes in leichter, einfacher Weise gestattet.

Dass solche Vorsichtsmaassregeln allgemein bekannt werden, ist dringend zu wünschen; man darf aber nicht glauben, dass mit Beobachtung derselben allen Gefahren ausgewichen wäre. Die Verhältnisse wechseln für Installationen und Leitungsanlagen etc. in solchem Maasse, dass es gänzlich unausführbar ist, die speciellen Anforderungen so zu verallgemeinern, um durch kurz gefasste Anleitungen zu untadelhaften Zuständen zu gelangen. Zweckmässige und die erforderliche Sicherheit einschliessende Arrangements werden allein durch umfassende Sachkenntniss garantirt, der man deshalb weder für die Anlage, noch für den Betrieb entbehren kann, sei es in Uebertragung der Einrichtung auf anerkannte Elektriker, sei es in Betheiligung derselben durch geeignete Controle. (Siehe darüber S. 146.)

§. 98.

Schlusswort.

Wir sind bemüht gewesen unsere Darstellungen in jeder Richtung von Uebertreibungen frei zu halten und haben die Vorsicht im Allgemeinen sogar dahin ausgedehnt, einzelne besonders günstige Versuchsresultate mit Rücksicht darauf zu verschweigen, dass dabei Zufälligkeiten oder vielleicht gesuchte, aussergewöhnliche, dauernd nicht zu erhaltende Einwirkungen stattgefunden haben können. Wenn somit in solcher Behandlung die Vortheile der elektrischen Beleuchtung und deren Zukunft nicht in dem Maasse günstig erscheinen, wie nach andern Darstellungen, so ist der Grund eben darin zu erblicken, dass wir lediglich die ungefärbten Verhältnisse der gegenwärtigen allgemeinen Lage ins Auge gefasst haben.

Es ist Thatsache, dass jede gut arrangirte elektrische Beleuchtung nicht nur beim Sachkenner, sondern ganz allgemein den Eindruck der Ueberlegenheit gegen die ältern Beleuchtungsmethoden hinterlässt; und selbst da, wo das elektrische Licht nicht gerade brillant erscheint, kann man sich schon durch flüchtigen Vergleich mit andern Lichtern von dieser Ueberlegenheit leicht überzeugen. Damit dürfte aber die Zukunft der elektrischen Beleuchtung, nachdem die grossen Unterschiede im Kostenpunkt, durch Anwendung der dynamo-elektrischen Maschine, geschwunden, gesichert sein.

Uebertreibungen zu Gunsten der elektrischen Beleuchtung, denen wir sehr häufig in weit verbreiteten Nachrichten begegnen, werden die Sache sicherlich nicht fördern, ebensowenig wie grundlose Befürchtungen und Verdächtigungen deren praktische Anwendung dauernd zu hemmen im Stande sind. Beides zu erkennen ist aber für die ruhige, stetige Entwickelung von besonderer Wichtigkeit; und dazu bietet die vorliegende Arbeit genügend Gelegenheit. Mit dieser Erkenntniss und durch Bekanntschaft mit den einschlagenden Verhältnissen wächst die Sicherheit für den Entschluss über die Anwendung der neuen Beleuchtungsmethode.

Es ist nicht möglich, die Zukunft der Elektricitätsanwendungen in ganzem Umfange zu übersehen [1]), soviel lässt sich aber jetzt schon mit Bestimmtheit erkennen, dass sich dieselben nicht nur auf die Bildung von Wärme und Licht, sondern auch, in Rückbildung zu mechanischer Arbeit, auf den Betrieb von Kraftmaschinen aller Art erstrecken [2]) werden.

Ueberall wo die erforderliche Wasserkraft zur Verfügung steht, ist darin, in Verbindung mit der dynamo-elektrischen Maschine, eine unerschöpfliche, billige Quelle für Elektricität jeder Spannung geboten, und wenn bei grösserm Bedarf, wie für umfangreichere bewohnte Orte zu unterstellen, die Kosten durch concentrirte Anlagen auf das zulässig geringste Maass beschränkt sein werden, dürfte es zweifellos sein, dass die Umwandlung der von der Natur gebotenen Kraft in Elektricität, nachdem es bereits gelungen, solche mit einfachen Mitteln, ohne namhaften Verlust, beliebig über ganze Stadttheile fortzuleiten, jede Concurrenz in Bildung von Wärme und Licht durch den Verbrennungsprocess ausschliesst. Daraus folgt aber mit Nothwendigkeit, dass man sich früher oder später der elektrischen Beleuchtung mit ihren sonstigen Vorzügen allgemein zuwenden wird, soweit nicht besondere Umstände zu andern Beleuchtungsmethoden nöthigen.

Wenn die Deutsche Bauzeitung, Nr. 81 pro 1881, den Architekten die Beschäftigung mit der Elektricitätsanwendung empfiehlt

---

[1]) Bemerkenswerth dürfte ein Versuch aus neuester Zeit sein, die Leuchtkraft der Gasflamme durch Elektricität zu verstärken, indem dieselbe, als starker Inductionsstrom durch die Flamme geleitet, deren Bestandtheile elektrolytisch zersetzt. (Deutsches Reichspatent Nr. 15781. 1881.)

[2]) Professor Perry äussert sich darüber in einem am 24. März 1881 in der Society of Arts zu London gehaltenen Vortrage folgendermaassen:

„Ich glaube, dass wir in nicht zu ferner Zeit grosse Central-
„stationen, vielleicht in der Tiefe von Kohlengruben, haben
„werden, an denen riesige Dampfmaschinen riesige elektrische
„Maschinen treiben. Wir werden jede Strasse entlang Drähte
„haben, die nach jedem Hause Abzweigungen senden, wie jetzt
„die Gasröhren; die in jedem Hause verbrauchte Elektricität wird
„registrirt werden, wie es jetzt mit dem Gase geschieht, und sie
„wird durch kleine Motoren gehen, und so Maschinen treiben,
„Ventilation schaffen, sie wird Oefen und Feuer ersetzen, Aepfel-
„schäler drehen, Wäschemangeln, Friseurbürsten und anderes und
„wird Jedem ein elektrisches Licht liefern.“

und dazu bemerkt, dass die elektrische Beleuchtung ganz andere Raumdispositionen und ganz andere Decoration verlange; die Verwendung der Elektricität zum Heizen und Kochen aber erhebliche Umänderung in Construction der Häuser fordere, so möge daraus erkannt werden, dass sich auch in diesen Kreisen das Vertrauen zur praktischen Verwendung der Elektricität wesentlich gesteigert hat. Den Maschinen-Ingenieuren hat Reuleaux die grosse Bedeutung der Elektricität für das Maschinenfach bereits früher vor Augen gestellt und Siemens, sowie andere Autoritäten bezeichnen es als Bedürfniss der Praxis, dass sich die Techniker mehr als bisher mit den Elektricitätsanwendungen vertraut machen.

Anhang.

Länge, Masse und Zeit sind die drei Fundamentalmaasse der Mechanik, durch welche sich alle mechanischen Begriffe ausdrücken lassen. So ist Geschwindigkeit der in der Zeiteinheit zurückgelegte Weg, Beschleunigung der in der Zeiteinheit gewonnene Geschwindigkeitszuwachs.

Die Beschleunigung der Schwere g lässt sich in metrischem Maass für jeden Ort nach der Formel [1]) $978{,}024\ (1 + 0{,}005133\ sin^2 \lambda)$ bestimmen, worin λ die geographische Breite des betreffenden Ortes und 978,024 die Beschleunigung unter dem Aequator. Sie beträgt für Paris 980,868.

Das Maass für die Länge ist dabei das Centimeter; wird dafür das Meter gewählt, so erhält man $g = 9{,}80868$ [2]).

Ueberall, wo das in der Technik nothwendige Maass durch die Fundamentalgrössen ausgedrückt wird, bezeichnet man dasselbe als absolutes Maass. So ist die absolute Krafteinheit $= \frac{1}{g}$ (Gewicht eines Grammes $= \frac{1}{980{,}868} = 0{,}0010195$ für Paris) [3]), die absolute Arbeitseinheit $= \frac{1}{g}$ mal Längeneinheit $= 0{,}0010195$ für Paris [4]).

---

[1]) In englischem Maass ist $g = 32{,}088\ (1 + 0{,}005133\ sin^2 \lambda)$ und beträgt für London 32,1889.

[2]) Unsere Ausführungen setzen überall $g = 9{,}81$ (von Gauss für Göttingen 9,81163 gefunden).

[3]) Für London $\frac{1}{32{,}1889} = 0{,}0310666$ (Gewicht eines Grain als Gewichtseinheit).

[4]) Für London = 0,0310666 (Gewichtseinheit × Längeneinheit).

Dyn nennt man diejenige Krafteinheit, welche der Masse eines Grammes eine Beschleunigung von 1 cm ertheilt und

Erg, als Arbeitseinheit, die Arbeit, welche das Dyn auf dem Wege von 1 cm Länge leistet (Centimetergramm).

Beiden Einheiten liegen als Fundamentalgrössen die Länge in cm, die Masse in g und die Zeit in sec zum Grunde (C-G-S-System).

Dem Kilogramm entsprechen somit $1000 . 981 = 981000$ Dyns, dem Meterkilogramm $981000 . 100 = 98100000$ Ergs, der deutschen Pferdekraft [1]) (75 kgm) $73575 . 10^5$ Ergs.

Auch die magnetischen und elektrischen Einheiten können durch die Fundamentalgrössen der Mechanik ausgedrückt werden. So lassen sich u. a. als elektro-magnetisches System definiren:

Die Einheit des freien Magnetismus als das Quantum, welches auf die gleich grosse Menge Magnetismus, in der Einheit der Entfernung, die Einheit der Kraft ausübt;

die Einheit des elektrischen Stromes als diejenige Stromstärke, welche in der Einheit der Leiterlänge auf die Einheit des Magnetismus, in der Entfernung Eins, die Kraft Eins äussert;

die Einheit der elektromotorischen Kraft als diejenige elektromotorische Kraft, welche in einem Leiter der Längeneinheit, aus der Einheit des Magnetismus inducirt wird, wenn sich der Leiter in der günstigsten Lage (S. 193) mit der Geschwindigkeit Eins bewegt oder welche in der Erzeugung eines Stromes Eins, in der Zeiteinheit, die Arbeit Eins leistet;

die Einheit des Widerstandes als derjenige Widerstand, bei welchem durch die Einheit der elektromotorischen Kraft die Einheit des Stromes entsteht, oder als der Widerstand eines Leiters, in welchem der Strom Eins, in der Zeiteinheit, die Arbeit Eins verrichtet.

Diese Einheiten sind nach der Grösse der Fundamentalmaasse verschieden.

---

[1]) Englische Pferdekraft (76,041 kgm) $74596221 . 10^2$ Ergs. Amerika und England beschäftigen sich vorwiegend mit den Elektricitätsanwendungen. Wir halten es deshalb für nothwendig, die Abweichungen des englischen Maasssystems mit zu berücksichtigen.

Auf dem Pariser Congresse, gelegentlich der vorjährigen Ausstellung elektrotechnischer Gegenstände, hat man sich dahin geeinigt, dass auch für die elektrischen Messungen die Fundamentaleinheiten cm g sec (C-G-S-System) angenommen werden. Da die absoluten Einheiten aber theils zu gross, theils zu klein sind, gegenüber den Verhältnissen der Praxis, so hat man besondere Einheiten in der Bezeichnung Volt, Ohm, Ampère als praktisches Maass gewählt und bildet die Einheit der elektromotorischen Kraft aus 10^8 absoluten Einheiten. Diese vergrösserte Einheit heisst „Volt“, welches also 100 Millionen Mal grösser ist, als die absolute Einheit der elektromotorischen Kraft. Da 1 Volt nahe gleich der elektromotorischen Kraft des Daniell'schen Elements [1]) (S. 41), so ist dieselbe auch nahe gleich 100 Millionen absoluter Einheiten oder die absolute Einheit gleich circa $\frac{1\,D}{100\,000\,000}$.

Die praktische Einheit für den Widerstand heisst „Ohm“, ist gebildet aus 10^9 absoluten Einheiten, also 1000 Millionen Mal grösser als die absolute Einheit des Widerstandes und gleich dem Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 qmm Querschnitt und 104,57 cm Länge, bei 0^0 C.

Die $S.E$ ist dem Ohm [2]) (S. 41) nahe gleichwerthig und bekanntlich gleich dem Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 qmm Querschnitt und 100 cm Länge (S. 14). Nach einem Beschlusse des Pariser Congresses soll eine internationale Commission beauftragt werden, die Länge der Quecksilbersäule von 1 qmm Querschnitt bei 0^0 C. als praktische Widerstandseinheit, im Werth des Ohm, durch neue Versuche zu bestimmen.

Aus dem Volt und dem Ohm ergiebt sich nach dem Ohm'schen Gesetz, $J = \frac{E}{W}$, die praktische Einheit der Stromstärke $J = \frac{\text{Volt}}{\text{Ohm}} = \frac{10^8}{10^9} = 10^{-1}$. Dieselbe führt nach dem Beschlusse des Congresses die Bezeichnung Ampère [3]) und ist der zehnte

---

[1]) 1 Volt = 0,926 D.

[2]) 1 Ohm = 1,03 $S.E$ (1 $S.E$ = 0,971 Ohms).

[3]) Auch betreffs der Elektricitätsmenge (S. 123) und Capacität des Condensators (S. 191) hat man sich über praktische Einheiten verständigt, und nennt „Coulomb“ (10^{-1}) die Elektricitätsmenge der Ein-

Theil der absoluten Einheit, so dass 10 Ampères gleich dieser absoluten Einheit.

Es kommt aber nicht nur darauf an, diese Einheiten zu definiren, sondern auch als praktische Vergleichsmaasse wirklich darzustellen. Für das Volt und das Ohm besitzen wir solche resp. in der elektromotorischen Kraft des Daniell'schen Elements und im Widerstande der *S. E*, wenn auch nur als Annäherungswerthe.

Da Volt und Ohm nahe gleichwerthig resp. der elektromotorischen Kraft des Daniell'schen Elements und dem Widerstande der *S. E*, so ist die Einheit der Stromstärke auch nahe gleich $\frac{1\ D}{1\ S.E} = 1$ Ampère, also gleich der Stärke des Stromes, welcher durch die elektromotorische Kraft eines Daniell-Elements im Kreise von 1 *S. E* erzeugt wird.

Im Uebrigen bietet die Tangenten-Boussole (Fig. 39) ein Mittel, die Stärke des Stromes in absoluten Einheiten auszudrücken, und zwar nach der Formel $= \frac{H\,r}{2\,\pi}\ tg\ \alpha$, wenn die Boussole nur eine Drahtwindung führt, nach $J = \frac{H\,r}{2\,n\,\pi}\ tg\ \alpha$ bei mehreren (n) Drahtwindungen oder allgemein nach der Formel $J = \frac{H\,r^2}{L}\ tg\ \alpha$.

In diesen Formeln ist H die horizontale Componente des Erdmagnetismus $= 0{,}176$ der Krafteinheit, wirkend am Hebelsarm von 1 cm Länge, r die mittlere Entfernung der Drahtwindungen von der Nadel (Radius), α die Nadelablenkung unter der Stromeswirkung und L die Länge der Drahtwindungen.

Wenn $r = 20$ cm, $\alpha = 26{,}5^0$ und n einmal $= 1$, das andere Mal $= 10$, so berechnet sich

$$J = \frac{0{,}176\ .\ 20}{2\ .\ 3{,}14}\ 0{,}5 = 0{,}28$$

absolute Einheiten (Boussole mit einer Windung),

$$J = \frac{0{,}176\ .\ 20}{2\ .\ 10\ .\ 3{,}14}\ 0{,}5 = 0{,}028$$

absolute Einheiten (Boussole mit zehn Windungen).

---

heit, welche ein Ampère in einer Secunde, „Farad" (10^{-9}) die Capacität, welche durch die Bedingung bestimmt ist, dass ein Coulomb in einem Farad ein Volt giebt.

Da die praktische Einheit, das Ampère $= 10^{-1}$ absoluter Einheiten, so ist $J = 0{,}28 \,.\, 10 = 2{,}8$ resp. $0{,}028 \,.\, 10 = 0{,}28$ Ampères. Im zweiten Falle erzeugt der zehn Mal schwächere Strom dieselbe Nadelablenkung, woraus die verstärkende Wirkung der Windungszahl fasslich zu erkennen.

Im Besitze eines vergleichenden Maasses für den Widerstand (Ohm oder $S.E$) lässt sich der Widerstand in diesen Einheiten leicht bestimmen (S. 38), und aus der Stromstärke in Ampères (Webers), sowie aus dem Widerstand (Ohms oder $S.E$) des Stromkreises ist nach dem Ohm'schen Gesetze auch die im Kreise herrschende elektromotorische Kraft in Volt's (Daniell) der Elektricitätsquelle bekannt.

Wie im Uebrigen die Stromstärken, Widerstände und elektromotorischen Kräfte in diesen Einheiten direct gemessen werden können, ergiebt sich aus den Paragraphen 16 und 97.

Die aus den Fundamentalgrössen gebildeten Einheiten des elektromagnetischen Systems haben einen besondern Werth darin, dass sich die Beziehungen der Elektricität zu der von ihr geleisteten Arbeit sehr einfach gestalten und sind für die Beleuchtungstechnik insofern sehr bequem, als sie die Anwendung leicht zu benutzender Instrumente gestatten und die Berechnung der Thätigkeit der Dynamomaschinen in einfachster Weise ermöglichen.

Die durch die Elektricität als Wärme geleistete Arbeit A ist nach dem Joule'schen Gesetze gleich $J^2 W = JE = \frac{E^2}{W}$ (Seite 7 und 8). Werden nun JW und E in Einheiten des C-G-S-Systems ausgedrückt, so erhalten wir den Werth für A in Arbeitseinheiten desselben Systems, also in Ergs; und da das Meterkilogramm $= 981 \,.\, 10^5$ Ergs, die deutsche Pferdekraft $= 73\,575 \,.\, 10^5$ Ergs, so lässt sich durch einfache Division die Arbeit des elektrischen Stromes leicht in diesen Einheiten darstellen.

JW und E in Ampères, Ohms und Volts entsprechen resp. 10^{-1}, 10^9 und 10^8 der absoluten Einheiten. Es ist also:

$$A = J^2 W\,[(10^{-1})^2\, 10^9] = JE\,(10^{-1}\, 10^8) = \frac{E^2\,(10^8)^2}{W.10^9}$$

$$= J^2 W 10^7 \qquad = JE\, 10^7 \qquad = \frac{E^2}{W}\, 10^7$$

Ergs pro Secunde, sowie

$$A = \frac{J^2 W . 10^7}{981 . 10^5} = \frac{JE . 10^7}{981 . 10^5} = \frac{E^2 10^7}{981 . 10^5 . W}$$

$$= \frac{J^2 W}{9{,}81} = \frac{JE}{9{,}81} = \frac{E^2}{9{,}81 . W}$$ Meterkilogramm,

und

$$A = \frac{J^2 W}{75 . 9{,}81} = \frac{JE}{75 . 9{,}81} = \frac{E^2}{75 . 9{,}81\ W}$$

$$= \frac{J^2 W}{735{,}75}\ ^{1)} = \frac{JE}{735{,}75}\ ^{1)} = \frac{E^2}{735{,}75\ W}\ ^{1)}$$ Pferdekräfte

pro Secunde.

Die Stromstärke J ist in allen Theilen des Stromkreises dieselbe (Anmerk. 1 zu S. 117). Widerstand W und elektromotorische Kraft E (Potentialdifferenz zweier Punkte des Stromkreises) lassen sich für jeden Theil des Stromkreises resp. der Leitung messen.

Durch Einführung des Widerstandswerthes für einen beliebigen Theil des Kreises, bestimmt sich also durch $\frac{J^2 W}{735{,}75}$, auch die Arbeit des Stromes innerhalb dieses Theiles in Pferdekräften, ebenso durch Einführung der Potentialdifferenz zweier beliebigen Punkte des Leitungskreises in die Gleichungen $A = \frac{JE}{735{,}75}$ und $A = \frac{E^2}{735{,}75\ W}$.

Ein elektrischer Strom von der Stärke „Eins“ im Leitungskreise vom Widerstande „Eins“, somit erzeugt von der elektromotorischen Kraft „Eins“, leistet nach unsern Gleichungen eine Arbeit von 10^7 Ergs oder $\frac{10^7}{73\,575 . 10^5} = \frac{1}{735{,}75} = 0{,}00136$ Pferdekraft. Einen solchen Strom zu erzeugen, bedarf es nach Kohlrausch's Bestimmung eines Arbeitsaufwandes von 0,00181 Pferdekraft pro Secunde (S. 43), wonach somit circa 75 Proc. des Aufwandes mechanischer Arbeit auf die Bewegung der Lichtmaschine an elektrischer Arbeit wiedergewonnen werden.

Die deutsche Wärmeeinheit [2]) ist diejenige Wärmemenge,

---

[1]) $76{,}041 . 9{,}81 = 745{,}96$ rund 746 als Divisor zur Bestimmung in englischen Pferdekräften.

[2]) Nach englischem System die Wärmemenge, welche die Temperatur eines Grain Wasser um 1^0 Fahrenheit erhöht.

welche ein Gramm Wasser um 1^0 C. erwärmt (kleine oder Gramm-Calorie), oder wie in der Praxis vorwiegend gebräuchlich, die Temperatur eines Kilogramms Wasser in gleichem Maasse erhöht (grosse oder Kilogramm-Calorie).

Das mechanische Aequivalent der Wärme ist in verschiedenen Werthen ermittelt. Man nimmt dasselbe als Mittelwerth zu 425 und auch zu 430 kgm [1]) an, wonach eine Arbeit von 425 resp. 430 kgm diejenige Wärmemenge erzeugt, welche 1 kg Wasser um 1^0 C. erwärmt, also der grossen Wärmeeinheit entspricht. In unsern Ausführungen haben wir das Wärmeäquivalent zu 430 gesetzt.

Hiernach ist der Wärmewerth des Kilogrammmeters $= \frac{1}{430}$ $= 0{,}00233$ Calorien und der deutschen Pferdekraft $= \frac{75}{430} = 0{,}174$ Calorien [2]) pro Secunde.

Die vorstehend in Meterkilogrammen und Pferdekräften bestimmte Arbeit des elektrischen Stromes können wir somit leicht auf den calorischen Effect berechnen. Wäre die Stromstärke J des Kreises $=$ 40 Ampères (Webers), der Widerstand desselben $=$ 2 Ohms ($S.E$) gemessen, so hätten wir nach dem Ohm'schen Gesetz $\left(J = \frac{E}{W}\right)$, $E = 80$ als die im Stromkreise herrschende elektromotorische Kraft in Volts (Daniell) und wir erhalten aus unsern Gleichungen:

$$A = \frac{J^2 W}{9{,}81} = \frac{JE}{9{,}81} = \frac{E^2}{9{,}81\ W} \text{ Meterkilogramm}$$

$$A = \frac{40^2\,2}{9{,}81\,.\,430} = \frac{40\,.\,80}{9{,}81\,.\,430} = \frac{80^2}{9{,}81\,.\,430\,.\,2} = 0{,}7586 \text{ Calorien}$$

pro Secunde.

Oder, da ein Meterkilogramm $=$ 98100000 Ergs ($981\,.\,10^5$), der Wärmewerth desselben $= \frac{1}{430}$, und die Arbeit, welche die

---

[1]) In England ist das mechanische Wärmeäquivalent $=$ 772 Fussgrain.

[2]) Englische Pferdekraft $= \frac{76{,}041}{430} = 0{,}177$ Calorien.

Temperatur eines Kilogramms Wasser um 1^0 C. erhöht $= \frac{981 . 10^5}{\frac{1}{430}}$

$= 981 . 10^6 . 43 = 42183 . 10^6$,
so ergiebt sich auch
$A = 40^2 . 2 . 10^7 = 40 . 80 . 10^7 = \frac{80^2\, 10^7}{2}$ Ergs

$$A = \frac{40^2 . 2 . 10^7}{42183 . 10^6} = \frac{40 . 80 . 10^7}{42183 . 10^6} = \frac{80^2\, 10^7}{2 . 42183 . 10^6}$$

$$= \frac{40^2 . 2}{4218{,}3} = \frac{40 . 80}{4218{,}3} = \frac{80^2}{2 . 4218{,}3} = 0{,}7586 \text{ Calorien}$$

pro Secunde und $60 . 60 . 0{,}7586 =$ circa 2731 Calorien pro Stunde

oder da $40^2 . 2 . 10^7 = 40 . 80 . 10^7 = \frac{80^2\, 10^7}{2} = 3200 . 10^7$

$= 32 . 10^9$ Ergs pro Secunde
$192 . 10^{10}$ „ „ Minute
$1152 . 10^{11}$ „ „ Stunde

$$A = \frac{1152 . 10^{11}}{42183 . 10^6} = \frac{1152}{0{,}42183} = 2731 \text{ Calorien pro Stunde.}$$

Nachträge.

Zu §. 9, Seite 75.

1. Jablochkoff's automatische Einschaltung seiner Kerzen hat in neuerer Zeit einfachere Form erhalten. Wir entnehmen darüber Engineering, Vol. XXXIII, Mai 26, 1882, pag. 520, Folgendes:

Die bewegende Kraft besteht aus einer aus zwei Metallen ungleichmässiger Ausdehnung zusammengesetzten Feder, welche am Halter (Fig. 29 b) so befestigt ist, dass eine Schleife derselben durch die genügend gesunkene Flamme erhitzt wird, wodurch sich die Feder abbiegt, welche durch Zurückziehen eines Hemmstiftes eine gespannte Spirale freigiebt, durch deren Ausdehnung sich ein Weg für den Betriebsstrom nach der folgenden Kerze öffnet.

Bei zufälligem Verlöschen einer Kerze, also zu einer Zeit, wo die automatische Wirkung nicht eintreten kann, dient eine Reservekerze zur Fortsetzung der Beleuchtung. Der Wärter verstellt dazu einen Commutator und leitet damit den Strom in die Reservekerze, setzt dann mittelst der Hand die Feder der versagenden Kerze in Action, und sobald erstere verbrannt ist, stellt er den Commutator auf die normale Lage zurück, womit der regelmässige Gang wieder eintritt, indem sich das Licht in der der versagenden folgenden Kerze bildet.

Zu §. 10, Seite 77.

2. Die Höhe, in welcher die Lampe über der zu beleuchtenden Fläche, resp. über dem Boden des zu beleuchtenden Raumes anzubringen, ist nach der Benutzung desselben verschieden. Von einem nach allen Seiten gleichmässig ausstrahlenden Lichte über einer Kreisfläche wird nach Hoffmann (Elektrotechn. Zeitschrift 1881, Heft III, S. 104), die Peripherie am hellsten beleuchtet, wenn die Aufhängungshöhe nahezu dem 0,7fachen Radius der Kreisfläche gleichkommt, während die Helligkeit der Fläche mit Verminderung der Aufhängungshöhe im Allgemeinen zunimmt.

Zu §. 15, Seite 107.

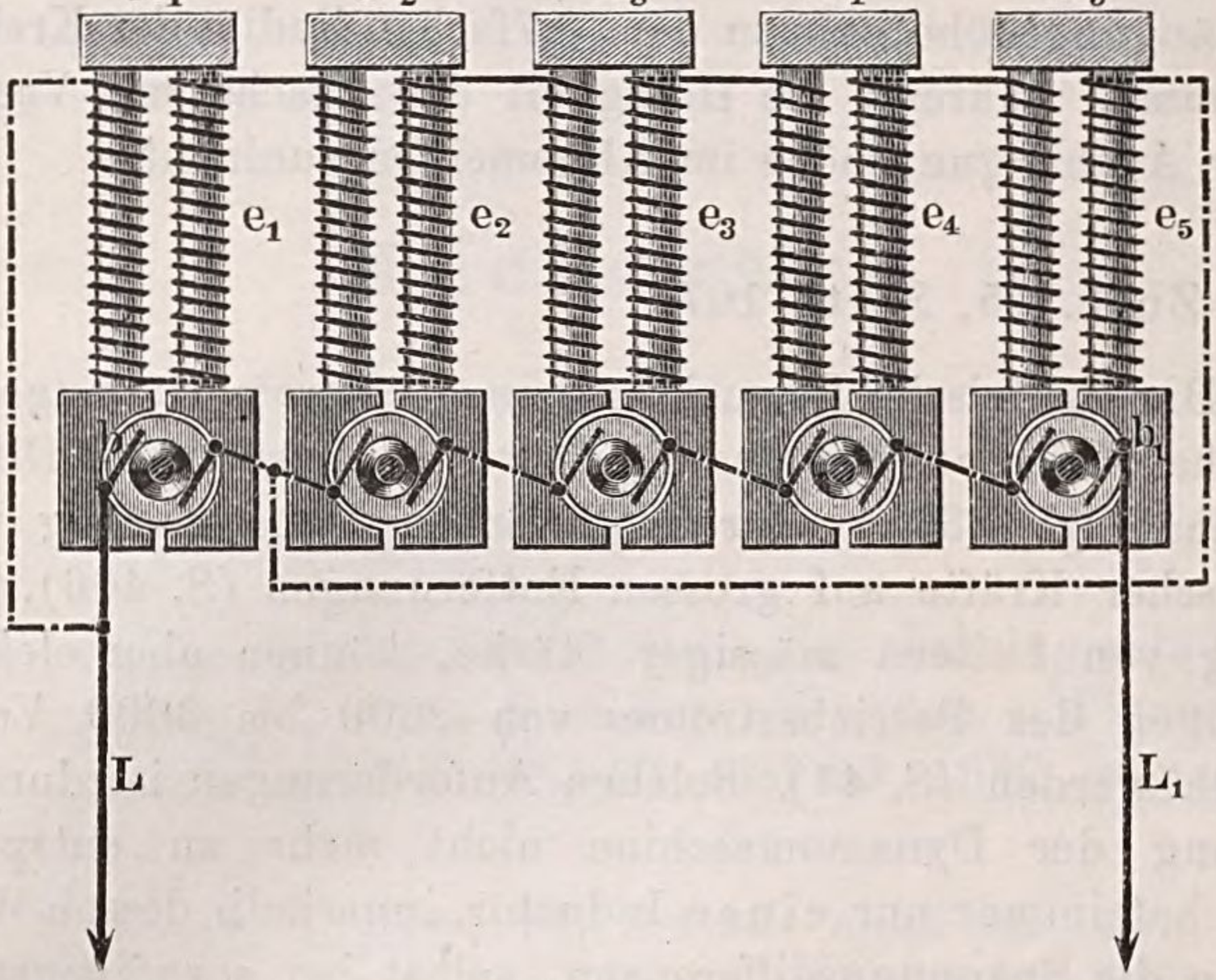
3. Die elektrische Beleuchtung in grösserem Umfange auszuführen, hat Edison Dynamomaschinen in bedeutenden Dimensionen gebaut (S. 233). Zur elektrischen Uebertragung starker mechanischer Kräfte auf grossen Entfernungen (S. 406), in Anwendung von Leitern mässiger Stärke, können aber elektrische Spannungen des Betriebsstromes von 2000 bis 3000 Volts erforderlich werden (S. 41). Solchen Anforderungen ist durch Vergrösserung der Dynamomaschine nicht mehr zu entsprechen; dieselbe hat immer nur einen Inductor, innerhalb dessen Windungen dann die Spannungsdifferenzen, selbst bei sorgfältigster Isolation, so bedeutend gesteigert werden, dass sich der Strom schon unter den benachbarten Drahtwindungen ausgleicht, namentlich bei feuchter Luft, unter Verbrennung der isolirenden Bekleidung, sowie dass am Commutator bedeutende Funkenbildung auftritt. In derartigen Fällen [1]) bedient sich Edison einer aus mehreren kleinern, hintereinander geschalteten Dynamomaschinen gebildeten Batterie. Jede der hierbei zur Verwendung kommenden Maschinen ist für sich ganz selbständig und führt ihren eigenen Commutator, während sämmtliche Inductoren derselben auf gemeinschaftlicher Achse rotiren. Die Summe der elektromotorischen Kräfte aller Inductoren giebt die gewünschte hohe elektrische Spannung; wogegen die Spannungsdifferenz für die einzelnen Dynamomaschinen nach Maassgabe der Zahl derselben reducirt ist.

---

[1]) Speciellere Ausführungen darüber werden in der „Elektrischen Kraftübertragung“ geliefert.

Fig. 187 zeigt eine derartige Verbindung von fünf Edison'schen Dynamomaschinen M_1 bis M_5 innerhalb der Leitung $L L_1$, welche an die beiden äussersten Commutatorbürsten $b b_1$ anschliesst. Wie durch die gebrochene Linie markirt, führt nur ein Theil des Stromes durch die Windungen sämmtlicher Elektromagnete e_1 bis

Fig. 187.



e_5, behufs Anregung derselben nach dynamoelektrischem Princip, während der grössere Stromtheil, ohne durch die Elektromagnetwindungen geschwächt zu sein, in die Leitung $L L_1$ eintritt. Edison stützt diese Anordnung auf die Beobachtung, dass ein schwacher Strom ausreicht, die Elektromagnete auf dem Punkte magnetischer Sättigung zu erhalten, und erzielt damit offenbar einen nicht unwesentlichen Vortheil. (Deutsches Reichs-Patent Nr. 16 670).

Zu §. 16, Seite 119.

4. Philosophical Magazine, Vol. 14, Nr. 85, S. 45, beschreibt ein neueres und einfacheres Dispersions-Photometer von Ayrton und Perry.

Zu §. 17, Seite 127.

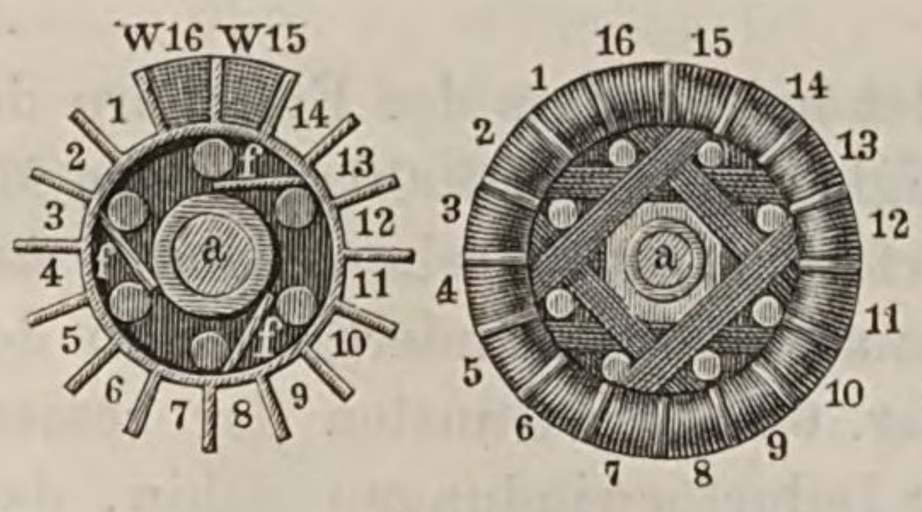
5. Nach Comptes rendus 1882, Nr. 7, S. 331, bekleidet H. Geoffroy die Kupferdrähte mit Amiantfaser (Asbest) und versieht den so besponnenen Draht mit Bleiumpressung. Damit soll nicht nur die elektrische Isolation vollkommen gesichert, sondern auch jede Gefahr durch Zünden brennbarer, von der Leitung berührter Gegenstände vermieden sein.

Bei Anwendung so starker Ströme, welche die Kupferader verbrennen, soll eine Schmelzung der Bleihülle nicht erfolgen. Unter den verschiedenen Isolations-Methoden verdient diese Art gewisse Beachtung in denjenigen Fällen, in denen es sich um die Fortleitung sehr starker Ströme handelt. Ob sich dieselbe für längere Leitungen bewährt, muss die Erfahrung lehren.

Zu §. 23, Seite 165.

6. Aehnlich der Construction Naglo (Fig. 67 c und 67 d) ist der Siemens'sche Cylinder durch F. M. Newton verändert. Fig. 188 zeigt den Durchschnitt und eine Endfläche der Newton'schen Construction. Auf die Drehungsachse *a* ist eine Anzahl gezahnter Scheiben der Durchschnittsform, mit regelmässigen Zwischenräumen, so aufgeschoben, dass die Zähne einander decken und gewissermaassen Rinnen für die über die Länge des so gebildeten geschlossenen Cylinders zu führende Drathwicklung herstellen. Die Luft tritt in den mittelst der Zahnscheiben getrennten innern Raum durch spiralförmige, über die Achse *a* verlaufende Vertiefungen, wird unter der Drehung des Inductors, mittelst Windflügel *f* stark bewegt, und durch kreisförmige, in den Zahnscheiben angebrachte Oeffnungen wieder ausgetrieben, welche an den Endflächen des Cylinders durch die Drahtwindung nicht verdeckt sind. Zuerst werden die Rinnen 1/6 und 9/14 voll bewickelt, wobei je ein Drahtende frei bleibt, während die zweiten Enden diese Wicklungen unter einander verbinden. In gleicher Weise erfolgt die Bewicklung der Rinnen

Fig. 188.



2/13, 5/10, 3/8, 11/16, 4/15 und 7/12. Die freien acht Drahtenden führen an den Commutator, welcher aus vier auf einem Holzkern mit geringen Zwischenräumen parallel gestellten Metallringen besteht, die je aus zwei unter einander isolirten Theilen gebildet sind, von denen der eine $^5/_8$, der andere $^3/_8$ des Umfangs misst. Jeder Theil verbindet eines der acht freien Drahtenden, wodurch, unter Vermittlung der auf jedem Ring schleifenden zwei Bürsten, vier Stromkreise entstehen. Die Bürsten greifen an diametral gegenüberliegenden Punkten des Ringes an, wobei ein Moment eintritt, in welchem beide Bürsten desselben Ringes auf dem grössern Ringtheil schleifen, somit das eine Ende des betreffenden Kreises isolirt ist, welche Lage auf den neutralen Punkt des magnetischen Feldes entfällt.

Sollen die vier Stromkreise hintereinander geschaltet werden, so hat man nur die Bürsten entgegengesetzter Pole der aufeinander folgenden Commutatorringe leitend zu verbinden.

Wir haben diese Angaben den englischen Patenten entnommen (Engineering, Vol. XXXIII, Juni 2. 1882, pag. 567), und sind nicht in der Lage uns über die mit dieser Construction erzielten Resultate zu äussern.

Zu §. 25, Seite 172.

7. Heinrichs will beobachtet haben, dass der Eisenkern des Inductors bei grossen Geschwindigkeiten, etwa 3000 m in der Minute, sehr wenig Magnetismus erfordert, also sehr geringen Antheil an der Stromesbildung nimmt. Er verändert deshalb den Querschnitt seines Eisenkerns (Fig. 69 b) zu Gunsten der bessern Ventilation des innern Theils der Inductorwindungen dahin, dass er die Eisenmasse vermindert indem er die Sternform wählt, wobei die Enden der Strahlen die Drahtwindungen stützen.

Das Patent Nr. 17 923 sieht übrigens mehrere Formen solcher Querschnitte vor.

Zu §. 40, Seite 237.

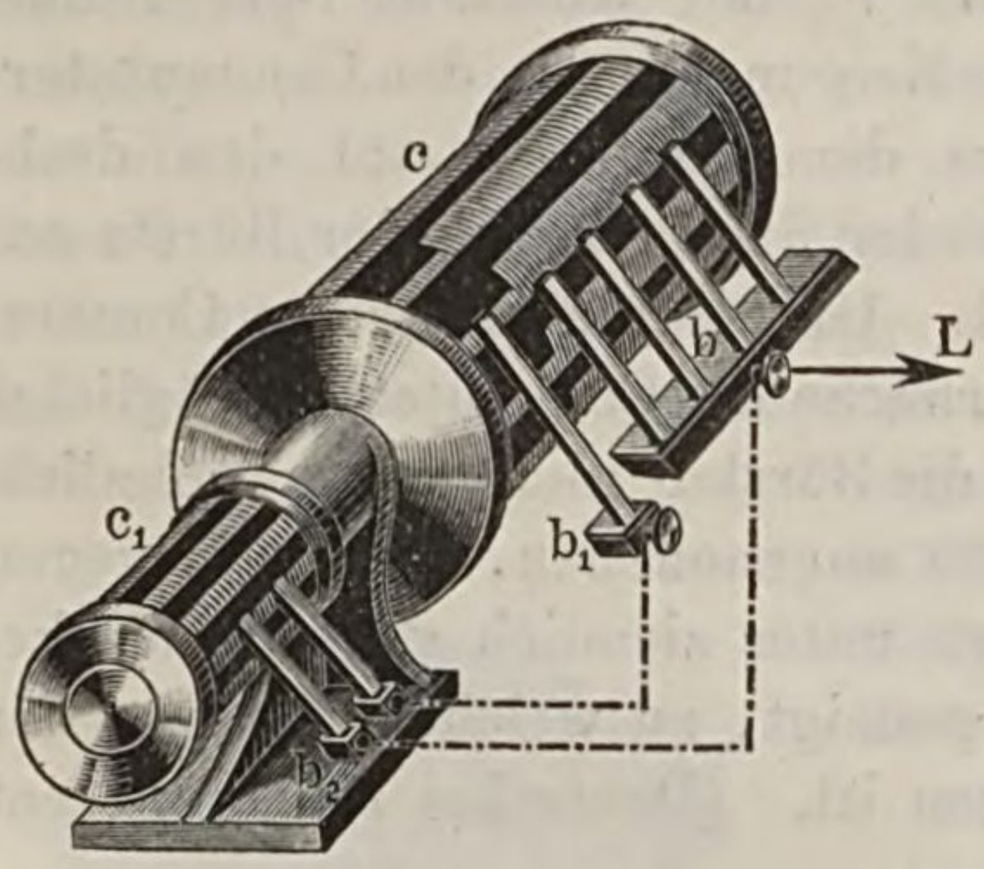
8. Die Funken am Commutator grosser Dynamomaschinen[1]) auf ein Minimum zu beschränken, erweitert Edison die in Fig. 189

---

[1]) Edison's Steam-Dynamo, verbunden mit dem Dampfmotor Porter-Allen, ist mit den Betriebsresultaten ausführlich behandelt im Journal of the Franklin Institute, Vol. CXIV, Nr. 679, pag. 1 bis 12.

schwarz markirte Isolirung des Commutators c; er lässt dazu die Kupferschienen an einem Ende eng auslaufen und fügt den auf den breiten Theilen derselben schleifenden Bürsten b eine besondere Bürste b_1 zu, unter welcher die schmalen Theile der Kupferschienen rotiren. Diese Bürste b_1 steht mit ihrem schleifenden Ende hinter dem Angriffspunkte der Hauptbürsten b merkbar zurück, so dass dieselbe stets eine Stelle der Schienen berührt, welche die Hauptbürsten bereits passirt haben.

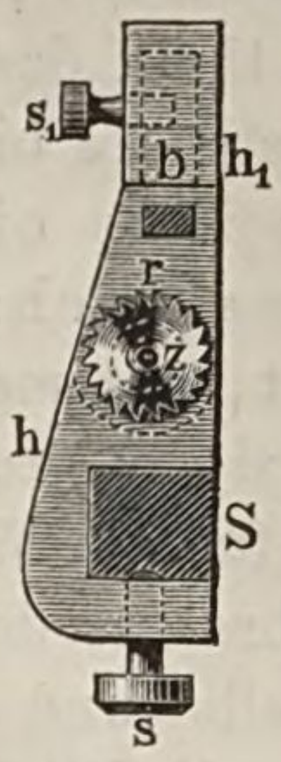
Fig. 189.



Mit dem Commutator c ist ein Unterbrechungscommutator c_1 verbunden, welcher entweder eine Fortsetzung des ersteren bildet, oder getrennt am Ende der Maschinenwelle angebracht ist und dessen isolirte Kupferschienen mit denen der Bürste b_1 übereinstimmen. Dieser Unterbrechungscommutator führt zwei Bürsten b_2, deren Verbindung mit den Bürsten des Commutators c aus unserm Bilde zu erkennen ist.

Im Betriebe der Dynamomaschine setzt sich bei dieser Anordnung, nach dem Durchgange der Hauptbürsten, ein Theil des Stromes durch die Bürste b_1 über die Commutatorschienen fort, so dass an den Enden der Hauptbürsten kein Funken entstehen kann; und sobald die Bürste b_1 die Kupferschiene verlässt, wird der Theilstrom gleichzeitig an dieser Bürste, wie an den beiden Bürsten des Commutators c_1 unterbrochen, der Funke somit getheilt und in seiner Wirkung wesentlich geschwächt (Deutsches Reichs-Patent Nr. 18 218).

Fig. 189 a.



Im Uebrigen ordnet Edison die Commutatorbürsten so an, dass dieselben leicht, selbst während des Betriebes ausgewechselt, und in ihrer Lage zum Commutator regulirt werden können; jede einzelne Bürste ist dazu mit besonderm Halter auf gemeinschaftlicher leitender Stange versehen, welche den Stromkreis anschliesst. Fig. 189 a zeigt dies Arran-

gement. S ist diese leitende Stange, h der durch Schraube s daran befestigte Halter; der um den Zapfen z drehbare Theil h_1 desselben nimmt in entsprechender Bohrung b die Bürste auf, welche durch Schraube s_1 eingeklemmt wird, während ein auf dem Zapfen z sitzendes Sperrrad r, mit federnder Sperrklinke, das Einstellen der Bürste für jede Neigung gegen den Commutatorumfang gestattet, und eine aus dem Zapfen z auf den drehbaren Halter h_1 wirkende Spiralfeder die Pressung der Bürste auf den Commutator constant erhält. Um möglichst grosse Contactflächen zu erhalten, resp. die Oberfläche des Commutators möglichst gleichmässig zu vernutzen, sind die Bürsten nicht wie gewöhnlich, und wie auch für unsere Fig. 189 angenommen, senkrecht gegen den Commutator gerichtet, sondern unter ziemlich starkem Winkel (circa 30^0) gegen dessen Achse geneigt, zu welchem Zwecke der Halter h/h_1 entsprechend gebogen ist. (Deutsches Reichs-Patent Nr. 16 670).

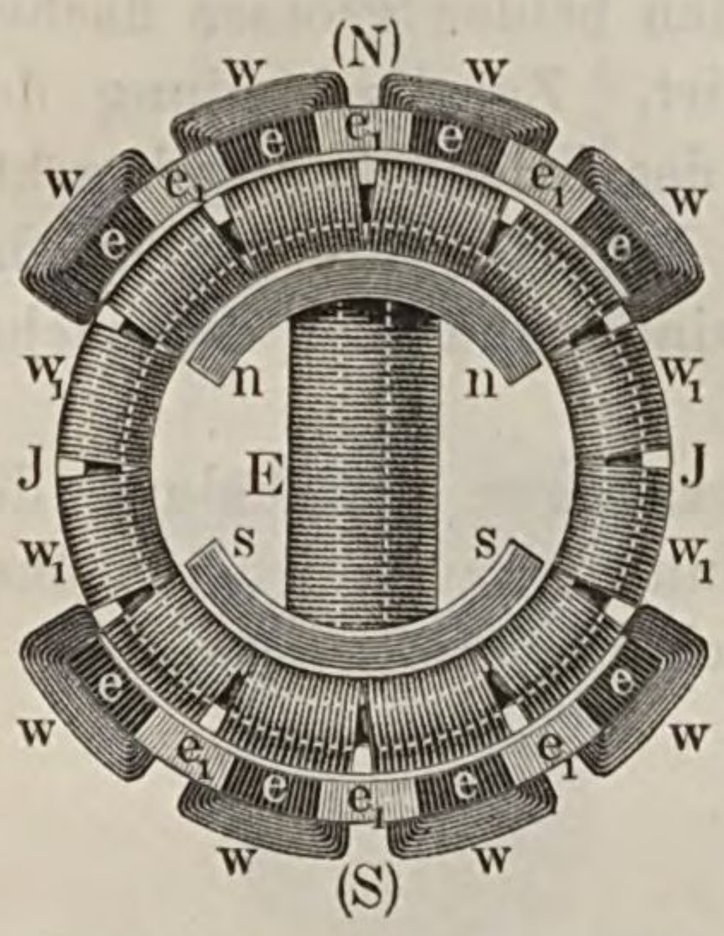
Zur Herbeiführung gleichmässiger Abnutzung des Commutators hat Edison auch eine elektrisch wirkende Vorrichtung getroffen, welche die Commutatorachse in ihren Lagern hin- und herbewegt. Das specielle Arrangement ist im Deutschen Reichs-Patent Nr. 18 669 angegeben, welches auch die Anwendung eines Centrifugalregulators zur Regulirung der Tourenzahl behandelt, womit eine weitere Zerlegung der Unterbrechungsfunken verbunden ist.

Zur Herstellung von Dynamomaschinen sehr grosser Capacität gehören nach Edison u. a. sehr grosse Elektromagnetkerne und sehr grosse Gussstücke für die Polflächen, was die Herstellung namentlich auch dadurch vertheuert, dass das Bewickeln der Elektromagnete viel Arbeit und Sorgfalt erfordert. Er theilt deshalb die Masse, indem er zwei oder mehrere Elektromagnetpaare bildet, welche er in Reihen derart ordnet, dass jedes Paar ihre eigenen Polflächen erhält, innerhalb deren der gemeinschaftliche Inductor rotirt. Bei solchem Arrangement, mit mehreren kleinen Kernen, deren Gewicht dem eines einzigen grossen Kernes gleichkommt, wird eine grössere Oberfläche für die Wicklung erreicht und eine grössere Drahtmenge aufgebracht, dessen mittlerer Abstand von der Kernfläche überall derselbe und weit geringer sein kann als beim grossen Einzelkern, was die Wirkung wesentlich verstärkt. (Deutsches Reichs-Patent Nr. 16 670 vom 29. März 1881).

Zu Abschnitt II, Abtheilung 1, S. 242.

9. Syrutschöck's dynamo-elektr. Maschine (Fig. 190) führt vollkommen selbständige doppelte Polflächen zwischen denen der Gramme'sche Ring-Inductor rotirt. Acht gerade Eisenstäbe *ee* (vier oben und vier unten) verbinden zwei gusseiserne Ständer und bilden damit das Gestell der Maschine. Diese Stäbe sind an beiden Enden, auf ein Drittel ihrer Länge, mit isolirtem Draht *w* so bewickelt, dass der darin circulirende Strom beide Stabenden in gleichem Sinne polarisirt, also die obern vier Stäbe acht Nord- und die untern acht Südpole, oder umgekehrt, bilden. Zwischen den nicht bewickelten mittlern Stabtheilen, in denen zwei gleichnamige Pole zusammenstossen, befinden sich die Verbindungsstücke e_1 e_1 aus Eisen oder Stahl, wodurch zwei grosse Polflächen entstehen, denen entsprechend grosse Polflächen (*n s*) eines feststehenden Elektromagneten *E* parallel gegenüberliegen. Zwischen diesen parallelgestellten Polflächen rotirt der Inductor *J*, dessen Eisenkern aus zwei untereinander verbundenen, in der Richtung ihrer Ebenen mit Eisendraht bewickelten Schmiedeeisenringen besteht und dessen Kupferdrahtwicklung w_1, sowie deren Verbindung mit dem Commutator der Gramme'schen Anordnung entspricht. Die beiden Eisenringe, welche die Eisendrahtwicklung seitlich abschliessen, sind vermuthlich mit der hohlen Achse des Inductors verbunden, durch deren innern Raum auch der Elektromagnet *E* festgelegt sein wird.

Fig. 190.



10. L'Electricien 1882, 3. Bd., Nr. 29, beschreibt eine Dynamomaschine von M. J. F. Plücker, welche sich von den bisherigen Constructionen hauptsächlich darin unterscheidet, dass in Stelle der Elektromagnete ein Solenoid zur Anwendung kommt.

Der Inductor ist als Flachring gebildet; sein Kern besteht aus einer runden, flachen, mit einer grossen Zahl in concentrischen

Kreisen radial gestellter Löcher versehenen Eisenscheibe, welche zwischen je zwei auf den Mittelpunkt führenden Lochreihen, unter Benutzung der Löcher, in der Weise mit isolirtem Draht radial bewickelt ist, dass die Scheibenfläche durch die nebeneinander liegenden Drähte fast ganz gefüllt wird. Aus der Scheibenmitte tritt die Achse heraus, welche auf einer Seite den Commutator gewöhnlicher Form trägt.

Die Solenoidwindungen führen in horizontaler Lage um den von leichtem Gehäuse umgebenen Inductor, den Raum für die Achse desselben freilassend, und sind an den beiden offenen Seiten, oben und unten, mit nahe an einander gestellten gusseisernen Polschuhen versehen, zwischen denen und den beiden grossen flachen Theilen des Solenoids der Inductor rotirt. Zur Verbindung der Polschuhe dienen über den Windungen des Solenoids angebrachte eiserne Platten. Der Strom aus dem Inductor führt über die Commutatorbürsten durch die Solenoidwindungen und demnächst an die freie Leitung.

Besondere Vortheile aus einer derartigen Anwendung des Solenoids sind ohne Weiteres nicht erkennbar; auch ist uns über die Leistung dieser Maschine bislang nichts bekannt geworden.

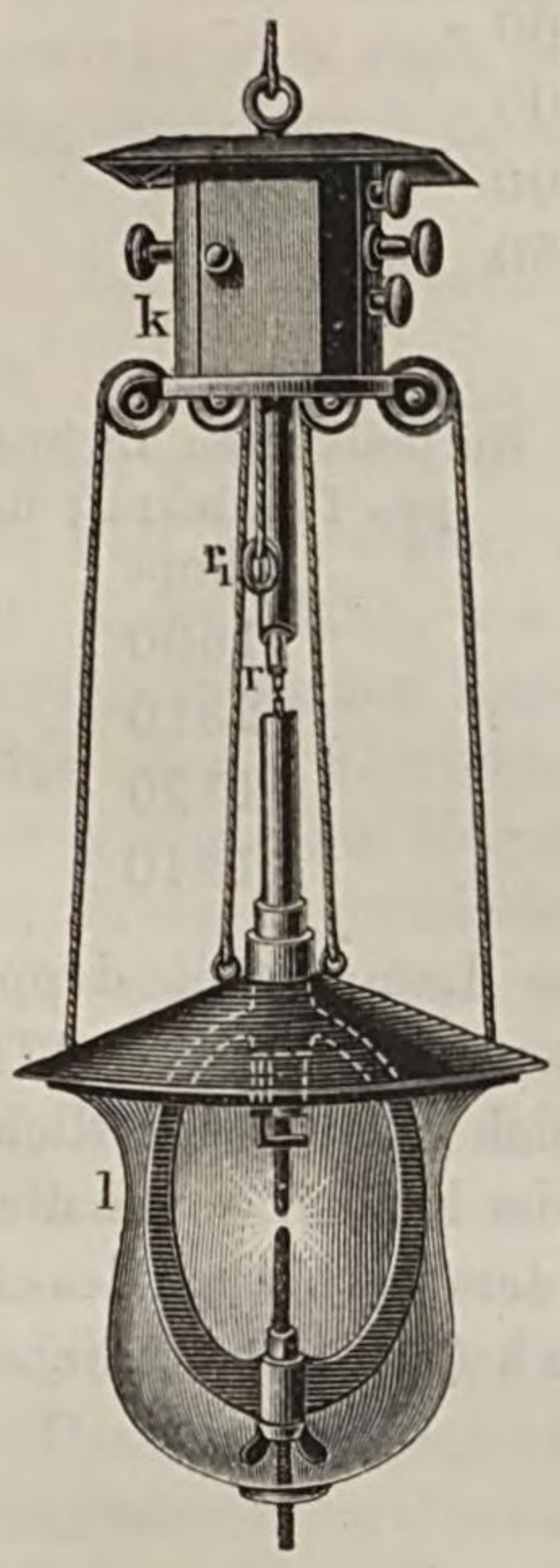
Zu §. 52, S. 271.

11. Die Bürgin'sche Lampe (Fig. 110) findet ausgedehntere Anwendung in der Schweiz, in Süddeutschland und in Oesterreich. Man rühmt dort ihre Leistung und hebt besonders hervor, dass wegen ihrer grossen Einfachheit der Gebrauch in freier Luft zu allen Jahreszeiten, in staubiger Luft der Maschinenräume, namentlich auch in den Spinnereien, keinerlei Anstand findet.

In Figur 191 präsentiren wir die im Freien verwendbare Hängelampe. Dieselbe besteht aus dem Kasten *k* für die Regulirungsvorrichtung, einem Führungsrohre *r* für den obern Kohlenhalter und der Laterne *l*; zum Schutz gegen Niederschläge führt der Regulirungskasten ein Dach, die Laterne einen conischen Schirm, welcher gleichzeitig als Reflector wirkt, während die durch denselben geschlossene Krystallglocke den Lichtbogen gegen den Einfluss des Windes schützt. Schirm und Glocke sind durch Schnüre, in Rollenführung, derart im Gleichgewicht aufgehängt, dass sich beim Heben des ersteren die Glocke senkt, was eine

bequeme Auswechslung der Kohlen gestattet. Der am Führungsrohr hängende Ring r_1 ist durch Schnur mit der Welle des Rades r (Fig. 110) verbunden und dient zum Aufziehen des obern Kohlenhalters.

Fig. 191.



Die gewöhnliche Hängelampe unterscheidet sich davon nur durch Abwesenheit von Dach, Schirm, sowie Aufziehvorrichtung und durch veränderte Form der Glocke. Letztere besteht hier entweder aus gewöhnlicher halbkugelförmiger Milchglasschale, welche mit ihrer grossen Oeffnung nach oben angesetzt wird oder aus einer kleinern durchsichtigen Glasglocke als Funkenfänger, welche innerhalb der ausgebogenen Arme der Laterne festgelegt ist.

Der Widerstand der Windungen des Elektromagneten *e e* (Fig. 110), einschliesslich des Lichtbogenwiderstandes, beträgt 1 bis 3 S. E., der der Windungen des Ankers *a* mehrere Hundert S. E. Zur Regulirung der Lichtbogenlänge dienen die beiden äussersten Schrauben unserer Figur, auf der rechten Seite des Regulirungskastens, während die aus der Mitte desselben zu beiden Seiten hervorragenden Klemmen die Leitung anschliessen.

Kohlen von 13 mm Durchmesser und 50 cm Länge brennen bei 20 Weber's (Ampère) Stromstärke 8 Stunden. Nach dem Verbrennen der untern Kohle, welche bis auf 2 bis 3 cm Länge auszunutzen, wird dieselbe durch den von der positiven Kohle verbleibenden Theil ersetzt, während man nur diese gegen einen neuen Kohlenstab auszuwechseln hat.

Zur Beleuchtung von Salons, Concertsälen etc. dienen reich verzierte Formen mit Milchglaskugel von 0,5 m Durchmesser.

Beim Gebrauche der dynamo-elektrischen Maschine von Bürgin (§. 35) sollen erzielt sein:

	Normalkerzen Lichtstärke pro Pferdekraft und Lampe
für das Einzellicht . .	1200
bei 2 Lampen im Kreise	1100
„ 3 „ „ „	1100
„ 4 „ „ „	1000
„ 5 „ „ „	850

und durch anderweite Versuche:

	Weber's Stromstärke	Normalkerzen Lichtstärke pro Pferdekraft und Lampe
bei 3 Lampen im Kreise unter	20	1600
„ 3 „ „ „ „	21,5	2310
„ 4 „ „ „ „	18,2	1120
„ 4 „ „ „ „	16	1840

In neuester Zeit ist Bürgin eine Lampe mit doppelten Kohlen innerhalb des Deutschen Reichs patentirt (Patent Nr. 17 236). Die Regulirung derselben unterscheidet sich nicht wesentlich von der uns bekannten Form, und das Zünden der Kohlen, sowie die Einschaltung des zweiten Kohlenpaares, nach dem Verbrauch des ersten, erfolgt durch eine der Construction Brush (S. 330) ähnliche Anordnung.

Zu §. 66, Seite 298.

12. Naglo hat die Klemmvorrichtung für den beweglichen obern Kohlenhalter verändert. Derselbe besteht aus nicht magnetischer Stange, welche nach oben in einem Kolben endigt, der sich in einem oben geschlossenen Rohr bewegt, wodurch ein Luftdämpfer gebildet ist, zur Hemmung des Gleitens der obern Kohle.

Das Festklemmen des obern Kohlenhalters bewirkt ein Elektromagnet, dessen Polende, mit Messing bekleidet, auf den horizontalen Arm eines Winkelhebels anziehend wirkt, während eine Feder am senkrecht stehenden Arm desselben der Anziehung des Elektromagneten entgegenstrebt. Durch eine Oeffnung des horizontalen Armes führt der obere Kohlenhalter, welcher durch eine an diesem Arm drehbar gelagerte excentrische Klaue festgeklemmt

wird, sobald der Elektromagnet den horizontalen Arm anzieht; diese Klemmverbindung löst sich, wenn die Kraft der Feder des senkrechten Armes die magnetische Anziehung überwiegt und damit die durch besondere kleine Feder nach unten gedrückte Klaue zwingt, sich nach oben zu drehen, indem sie an einem festen Anschlag Widerstand findet.

Zu §. 74, Seite 315.

13. Schuckert hat ein Patent [1]) genommen auf solche Vorrichtungen, welche die selbstthätige Vereinigung der Kohlenspitzen für den Fall bezwecken, dass bis zu einer gewissen Länge abgebrannte Kohlenstäbe, vor dem völligen Verlöschen des Lichtes, ausgewechselt werden sollen.

Eine dieser Vorrichtungen wirkt rein mechanisch dadurch, dass im geeigneten Moment das Gegengewicht der obern Kohle in dem Maasse vermindert wird, dass dieselbe auf die untere Kohle herabsinkt ohne wieder gehoben zu werden. In einer andern Construction bewirkt eine in den Stromkreis eingeschaltete Spirale, durch welche die obere Kohle führt, den Anzug eines an geeigneter Stelle derselben angebrachten Eisencylinders, womit das Zusammentreten der Kohlenspitzen erfolgt; und in dritter Anordnung wird dies durch automatische Ausschaltung der im Hauptstrom liegenden Windungen desjenigen Elektromagneten angestrebt, welchem die Bewegung der Kohle zur Bildung des Lichtbogens zufällt.

Zu §. 74, Seite 342.

14. Eine auf der diesjährigen Londoner Ausstellung betriebene Lampe von Fyfe und Main hat sich bei Unterhaltung von 6 Flammen, im Kreise der Gramme'schen Maschine, durch gute Leistung bemerkbar gemacht.

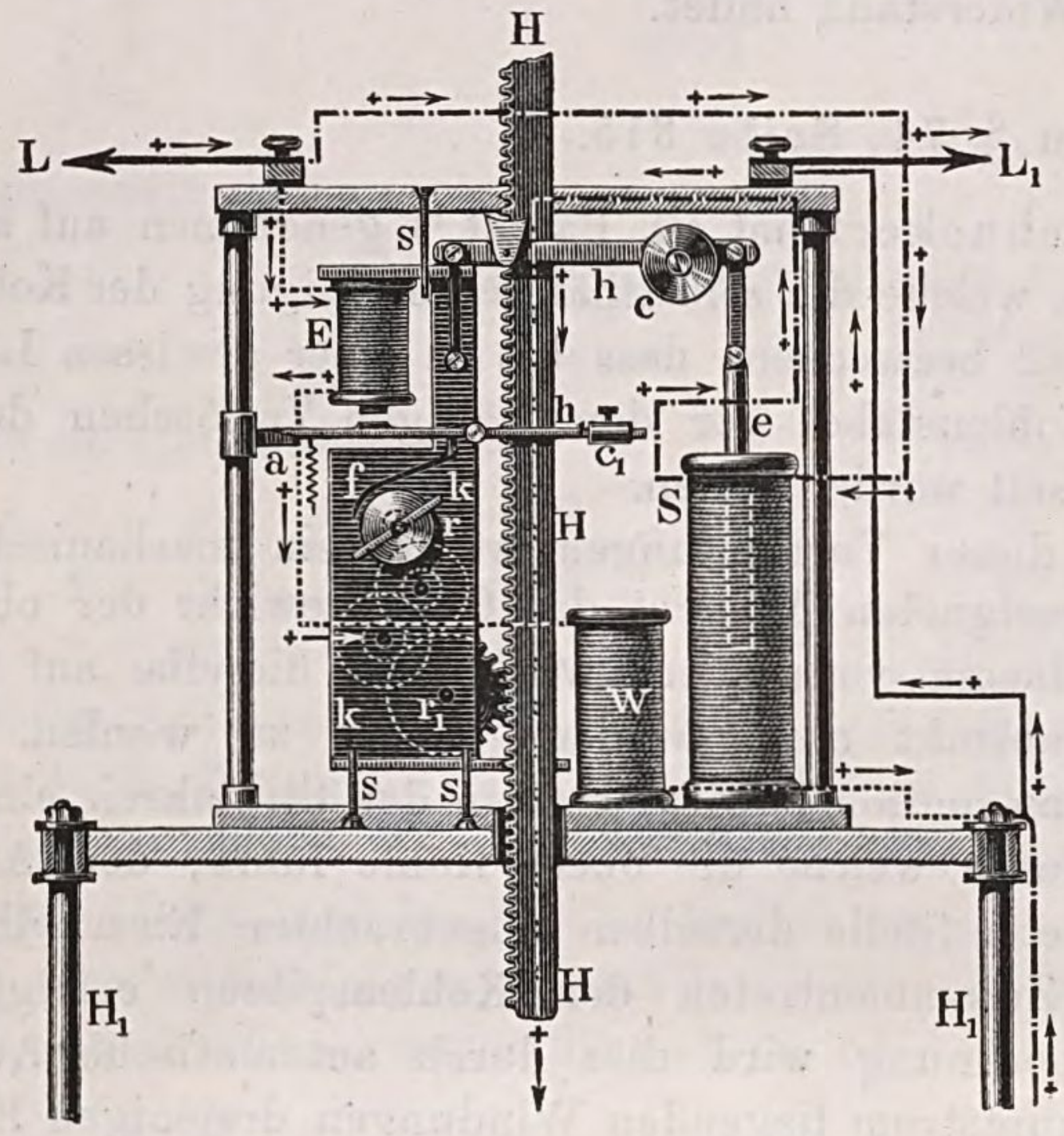
Fig. 192 (a. f. S.) liefert eine Skizze des Triebwerks derselben. *S* ist eine Spirale, deren Eisenkern *e* durch bewegliche Stange mit dem durch Contregewicht *c* belasteten langen Arm des Hebels *h* verbunden ist, dessen kurzer Arm, in Gelenkverbindung, das Kästchen *k*

---

[1]) Deutsches Reichs-Patent Nr. 16 403.

trägt, welches ein Räderwerk enthält und sich mit demselben, über Führungsstifte *s*, in verticaler Richtung verschieben kann. Sobald sich das Kästchen nach oben bewegt, legt sich eine unten an

Fig. 192.



demselben befindliche Klammer um den viereckigen obern Kohlenhalter *H* und führt ihn mit in die Höhe. *E* ist ein kleiner Elektromagnet mit feinen Windungen, dessen Kreis den künstlichen Widerstand *W* enthält. Vor diesem Elektromagneten liegt, auf einem Anschlag *a*, der drehbare Hebel h_1 mit Contregewicht c_1 und Hemmfeder *f*, welche das Räderwerk arretirt, sobald sie sich gegen den Umfang der Scheibe *r* lehnt, deren Achse mit Windfang versehen ist und durch Trieb mit dem Räderwerk in Verbindung steht, dessen unterstes Rad r_1, in die Zahnreihe des obern Kohlenhalters *H* eingreift.

Der positive Strom führt aus Leitung *L* durch Spirale *S*, über das Gestell in den obern Kohlenhalter, durch die Kohlen, den untern Kohlenhalter H_1, welcher, in rahmenförmiger Bildung, die untere Kohle in fester Verbindung trägt, nach Leitung L_1, resp. dem

negativem Pol der Elektricitätsquelle. Aus diesem Kreise fliesst ein Zweigstrom durch den Elektromagneten E, den künstlichen Widerstand W nach Leitung L_1.

Sobald der Strom circulirt, während die Kohlenspitzen in Berührung stehen, wird Kern e der Spirale S angezogen; damit hebt sich das Kästchen k, welches den obern Kohlenhalter zur Bildung des Lichtbogens mitführt, wobei sich Scheibe r gegen Feder f lehnt, so dass das Räderwerk gehemmt ist. Wenn der Widerstand des Lichtbogens durch den Kohlenverbrauch grösser geworden als der Widerstand des Zweigkreises, ist der Zweigstrom soweit verstärkt, dass der Elektromagnet E den Hebel h_1 anzieht; damit hebt sich Feder f vom Umfang der Scheibe r ab und das Räderwerk ist zur Bewegung frei, welche durch den Druck des obern Kohlenhalters eintritt, der sich zur Verkürzung des Lichtbogens senkt, bis Hebel h_1 vom Elektromagneten wieder zurückgetreten ist. Sollte sich dabei der Lichtbogen über seine normale Länge hinaus verkürzen, so würde der Hauptstrom in dem Maasse an Stärke zunehmen, dass das Kästchen k durch weiteres Anheben die normale Länge herstellt. Bei zufälligem Verlöschen der Flamme treten die Kohlenspitzen, wegen Unterbrechung des Hauptstromes, in Berührung und der Vorgang wiederholt sich.

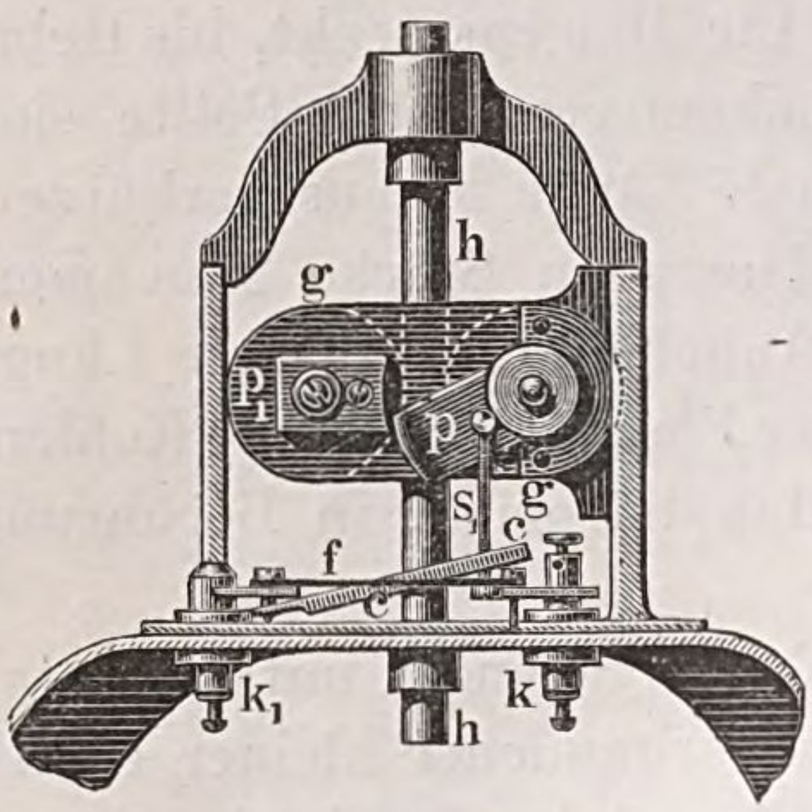
Wird der Elektromagnet E durch ein Solenoid mit Eisenstab ersetzt, dann wirkt ein mit demselben verbundener kleiner Haken hebend auf den Hebel h_1 sobald der Eisenstab, durch den Strom der Spirale angezogen, tiefer in dieselbe eindringt.

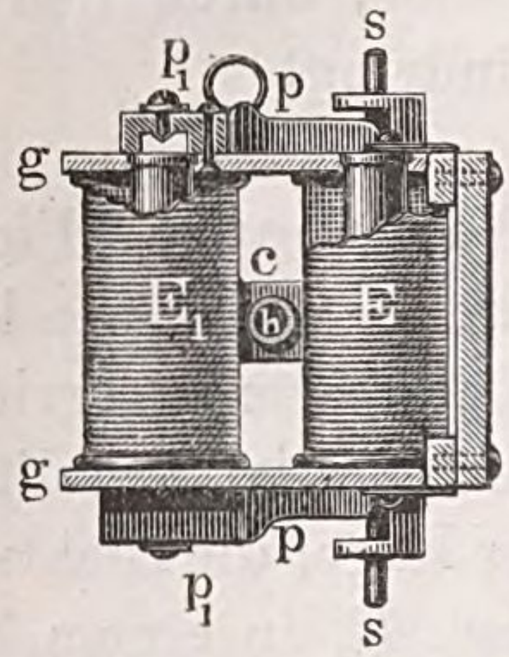
15. In der elektrischen Lampe von Waterhouse (Fig. 193, a. f. S.) wird der obere Kohlenhalter in ähnlicher Weise wie bei der Construction Brush bewegt, der Antrieb der Klemmvorrichtung aber in anderer Art bewirkt. Zwischen zwei parallel gestellten Gehäuseplatten g befinden sich, in horizontaler Lage, die Elektromagnete E und E_1, von denen E im Lichtkreise, E_1 in einem Zweige desselben liegt und deren Pole p und p_1 beiderseits über die Gehäuseplatten hinausragen. Der Kern des Elektromagneten E ist zwischen den Stiften ss drehbar und seiner Bewegung folgen die mit ihm verbundenen Polplatten p, während Kern und Polplatten p_1 des Elektromagneten E_1 festliegen. Die polarisirten Platten pp_1 haben die Neigung sich gegenseitig abzustossen; bei normaler Lichtbogenlänge überwiegt aber die magnetische Kraft der Pole p

in dem Maasse, dass beide Pole durch Inductionswirkung lebhaft einander anziehen, wobei die Polplatten p wagerechte Lage annehmen. Sobald sich indess der Lichtbogen durch den Kohlenverbrauch vergrössert, wird die magnetisirende Kraft des Elektromagneten E geschwächt und die Polplatten p senken sich behufs Auslösung des obern Kohlenhalters h, womit der Lichtbogen verkürzt, also der Strom in E verstärkt wird, so dass die Polplatten p wieder in die wagerechte Lage zurückgehen können.

Der obere Kohlenhalter h gleitet zwischen den beiden Elektromagneten E und E_1 und führt dabei durch eine entsprechende Oeffnung einiger übereinander liegender dünner Stahlplatten c, welche durch Gelenkstangen s_1 mit den drehbaren Polplatten p verbunden sind. Der Kohlenhalter kann frei abfallen, wenn sich das Plattensystem in nahe horizontaler Lage befindet, wird aber bei geneigter Lage desselben in dessen Oeffnung festgeklemmt und am weitern Sinken gehindert.

Fig. 193.





Im Zustande der Ruhe stehen die Kohlenspitzen in Berührung und die Polplatten p haben sich bis zum tiefsten Punkt gesenkt. In dieser Lage hat die Gelenkverbindung s_1 derselben eine mit der Leitungsklemme k_1 verbundene Feder f soweit niedergedrückt, dass dem Strome durch diese Feder ein directer Weg nach der zweiten Leitungsklemme k geöffnet ist, während die Feder in etwas höherer Lage den durch den Elektromagneten E führenden Lichtkreis schliesst. Beim Beginn des Betriebes findet der Strom daher nur die Wege durch den Elektromagneten E_1 und die directe Verbindung unter den Klemmen k und k_1 über Feder f frei. Die Polplatte p_1 wird dadurch nur in geringem, aber doch solchem Maasse magnetisirt, dass sich die Polplatte p soweit hebt, um die directe Verbindung zu lösen und den Contact der Feder f mit dem Lichtkreise herzustellen;

der Strom führt nun zum grössten Theile durch den Elektromagnet E, Polplatten p werden vollständig gehoben, klemmen und heben dem Kohlenhalter zur Bildung des Lichtbogens in der normalen Länge, dessen weitere Regulirung in der bereits betrachteten Weise erfolgt.

16. Auf der Londoner Ausstellung elektrotechnischer Gegenstände befindet sich eine grössere Anzahl Bogenlampen von André im Betriebe, deren Leistung zu befriedigen scheint.

Diese Construction zeigt einige Neuerungen in Anwendung der Kohlen, in der Regulirung der Lichtbogenlänge und in der Verbindung mit einer Vorrichtung, welche Abweichungen von der für den Betrieb vorgesehenen Stromstärke signalisirt.

Die Kohlen stehen vertical übereinander und zwar befindet sich hier die 0,2 m lange, 18 mm starke negative Kohle oben, die 1 m lange, 12 mm starke verkupferte positive Kohle unten. Erstere ist in kurzem Halter befestigt, welcher durch Klemmring mit einem Hebelwerk verkuppelt wird, sobald der Anker eines vom Betriebsstrom durchflossenen Elektromagneten anziehend darauf wirkt. In dieser Anordnung wird die obere Kohle durch den Ankeranzug zur Bildung des Lichtbogens gehoben, während dieselbe bei Unterbrechung des Betriebsstromes, resp. beim Ankerrückgange, in ihrem Klemmringe gelöst, bis zur Berührung mit der untern Kohle durchgleitet.

Zur Regulirung der Lichtbogenlänge wird die untere Kohle durch die Wirkung eines aus der Dynamomaschine direct abgeleiteten Stromes gehoben, dessen Einführung in den regulirenden Elektromagnet, nach Bedarf, erst durch einen vom Zweigstrom des Lichtkreises in Thätigkeit gesetzten Mechanismus vermittelt wird.

Der Apparat ist nicht einfach und entspricht somit nicht den Bestrebungen der neuern Zeit, welche complicirte Formen vermeiden. Nach der im Engineering, Vol. XXXIV, August 25. 1882, S. 184, gelieferten Beschreibung muss angenommen werden, dass selbst die klare Darstellung durch Zeichnung auf Schwierigkeiten stösst.

17. Engineering, Vol. XXXIV, August 4. 1882, Seite 112, bringt Abbildung und Beschreibung einer Lampe einfacher Construction von G. Hawkes, welche die Vortheile der Pilsen- und Brush-Lampe (§§. 8 und 82) vereinigen, d. h. sehr ruhiges und dabei mächtiges Licht erzeugen soll.

Die cylindrischen Kohlen stehen senkrecht übereinander; die obere, positive ist verkupfert und 20 mm, die untere nur 13 mm stark. Das Gestell verbindet drei horizontale Platten; die obere trägt einen Hufeisenelektromagnet zur Bildung des Lichtbogens, zwischen der obern und mittlern erscheint das Licht, und zwischen den beiden untern Platten befindet sich der Regulirungsmechanismus zur Erhaltung der normalen Lichtbogenlänge. Alle drei Platten sind mit runden Oeffnungen für die Kohlenhalter versehen.

Der Hauptstrom führt durch die Windungen des mit den Polen nach unten gerichteten Elektromagneten der obern Platte und durch beide Kohlen; der Elektromagnetanker, in fester Verbindung mit dem obern Kohlenhalter, wird dadurch zur Bildung des Lichtbogens gehoben. Der Kohlenhalter ist über den Anker hinaus verlängert und hier von einer Spiralfeder umgeben, deren regulirbare Spannung den angezogenen Anker in die Ruhelage zurückzuführen strebt, was auch durch das Gewicht des Kohlenhalters unterstützt wird; durch diese Einrichtung wird die Position der obern Kohle in gewisse Abhängigkeit von der Stärke des Hauptstromes gebracht.

Der untere Kohlenhalter besteht aus einem Metallrohr, führt durch die beiden untern Gehäuseplatten, zwischen den Schenkeln eines hier wagerecht gelagerten Hufeisen-Elektromagneten, und wird durch zwei Gewichte an Schnüren über zwei Leitrollen nach oben bewegt. Die Bewegung regulirt sich durch die Wirkung dieses im Zweigstrom liegenden Elektromagneten, dessen Anker, in Verbindung mit einfachem Hebel, den Kohlenhalter festklemmt oder freigiebt; ersteres bei normaler Lichtbogenlänge, letzteres bei Schwächung des Hauptstromes durch Verlängerung des Lichtbogens, resp. unter der Verstärkung des Zweigstromes bei angezogenem Anker.

Wie bei dem obern Elektromagnet, so steht auch der Anker des die negative Kohle regulirenden Elektromagneten unter der Wirkung einer Spiralfeder, deren regulirbare Spannung der magnetischen Kraft entgegenwirkt.

Das untere Ende des rohrförmigen untern Kohlenhalters läuft in einen Stempel aus, dessen Kolben in die Glycerinfüllung eines am untern Theil des Lampengehäuses vertical angebrachten Rohres taucht, um die Bewegung des untern Kohlenhalters zu dämpfen.

Die Lampe bei verlöschendem Licht kurz zu schliessen, dienen zwei an die Pole derselben anschliessende Contactfedern, welche

durch den Anker des obern Elektromagneten leitend verbunden werden, sobald sich dieser Anker bis zu einer gewissen Tiefe gesenkt hat.

Die Lampe ist auf eine Lichtstärke von 6000 Normalkerzen bemessen; sie ist zwar in allen Theilen sehr einfach construirt und zu den bessern Formen zu zählen; besondere, wesentlich förderliche Eigenthümlichkeiten sind daran aber ohne Weiteres nicht erkennbar, und über die Leistungen scheinen Erfahrungen noch nicht vorzuliegen.

18. Ausserordentlich einfach ist Haskins' „Diamond" Arc Lamp.

Die untere Kohle hat feste Lage, die obere ist beweglich. Den Halter derselben bildet eine Zahnstange, deren Zähne in einen Trieb eingreifen, welcher auf der Achse einer runden Scheibe mit seitwärts gebogenem Rand sitzt, so dass durch die Schwere des Kohlenhalters Trieb und Scheibe gedreht werden. Diese Bewegung zu beherrschen, dient der Anker eines hufeisenförmigen Elektromagneten, welcher, wie bei Brush (Fig. 135 b) zwei Wicklungen, aus starkem und schwachem Draht, in derselben Schaltung und Anordnung führt. Der Anker ist ein Winkelhebel, welcher sich auf der Scheibenachse frei dreht, dessen freie Enden den abgeschrägten Polen des Elektromagneten so gegenübergestellt sind, dass die magnetische Anziehung, wie gewöhnlich, auf beide Enden des Ankers gleichmässig wirkt, womit die Drehung desselben erfolgt, indem sich dessen Enden den betreffenden Polen nähern. Dieser Drehung folgt eine mit dem Anker verbundene kleine Bremse, welche bei genügend starkem magnetischen Anzuge, den seitwärts gebogenen Rand der Scheibe trifft, dieselbe und somit die Bewegung des obern Kohlenhalters hemmt; unter der bei Berührung der Kohlenspitzen eintretenden grössten Stromstärke aber etwas rückdrehend auf die Scheibe wirkt, so dass der obere Kohlenhalter, zur Bildung des Lichtbogens, zurücktritt.

Unter dieser Wirkung stehen die Enden des Ankers den Elektromagnetpolen am nächsten; sie entfernen sich successive mit der Schwächung des Stromes aus dem Kohlenverbrauch, resp. mit der Verlängerung des Lichtbogens. Ist der Anker soweit zurückgetreten, dass die Bremse nicht mehr angreift, die Scheibe also zur Bewegung frei geworden, so sinkt der obere Kohlenhalter, bis

durch Verkürzung des Lichtbogens, resp. durch Verstärkung des Stromes, die Bremse wieder arretirend wirkt. Verlischt das Licht aus zufälliger Veranlassung, so hat der Strom nur den Weg durch die feine Spirale mit grossem Widerstand, der Anker tritt dabei soweit zurück, dass die obere Kohle bis zur Berührung der untern abfallen kann, womit der Lichtkreis wieder geschlossen wird, das Spiel von neuem beginnt. Die Stromesdifferenz bei normaler Lichtbogenlänge und die mechanische Spannung des Ankers halten einander das Gleichgewicht; die Regulirung ist für geringe Veränderungen der Stromstärken um so empfindlicher, je grösser der Scheibendurchmesser.

Engineer. Vol. LIV, Nr. 1386, pag. 44, bringt eine Abbildung der regulirenden Theile, deren Form und Zusammenhang aber auch aus der Beschreibung genügend erkennbar sein dürfte.

19. Daft hat eine Lampe construirt, in welcher die senkrecht gestellten Kohlenstäbe in hohlen Kohlenhaltern gleiten, die obere Kohle durch ihr Gewicht, die untere in Quecksilberfüllung; die Kohlenspitzen führen dabei durch enggestellte Klauen der Kohlenträger und rücken darin nach Maassgabe des Kohlenverbrauchs, resp. der dadurch bedingten Verminderung des Spitzendurchmessers vor, in ähnlicher Weise wie für die untere Kohle der Fig. 105 vorgesehen.

Zur Bildung des Lichtbogens ist der obere Kohlenhalter mit einem Eisenrohr versehen, welches an einer Spiralfeder hängt und zum Theil in den innern Raum eines Solenoids hineinragt, durch dessen magnetische Wirkung beim Durchgange des Stromes der obere Kohlenhalter bis zur normalen Länge des Lichtbogens gehoben wird.

20. Berjot's elektrische Lampe der Pariser Ausstellung ist im Engineering, Vol. XXXIV, Juli 21. 1882, pag. 60, beschrieben.

21. Durch besondere Arrangements ist Abdank's Bogenlampe (Engineering, Vol. XXXIV, Septbr. 8. 1882, pag. 238) bemerkenswerth, welche auch die Regulirungsvorrichtung getrennt führt.

Zu §. 79, Seite 353.

22. Der „Lampe Soleil" scheint man besondere Aufmerksamkeit zuwenden zu wollen und zwar wegen ihrer Unempfindlichkeit

gegen Stromschwankungen, ihres guten sehr ruhigen Lichts und wegen ihres geringen Preises. Man hat beobachtet, dass ziemlich bedeutende, selbst plötzlich eintretende Schwankungen der Stromstärken, wegen Weissglühens des Marmors, nicht wahrnehmbar sind und dass das Licht erst dann verlischt, wenn der Strom auf die Hälfte seiner Normalstärke gesunken ist und in diesem Zustande etwa eine Minute lang verharrt; ebenso sollen Stromverstärkungen bis zum Drei- und Vierfachen des Normalstromes keinen nachtheiligen Einfluss äussern.

Den in der Elektrotechnischen Zeitschrift, Heft VIII, pro 1882, mitgetheilten Versuchen mit dieser Lampe entnehmen wir folgende Durchschnitts-Angaben:

	Zahl der Lampen im Kreise	Kohlendurchmesser in Millimetern	Stromstärke in Ampère	Betriebskraft pro Lampe in Pferdestärken	Leuchtkraft pro Pferdestärke in Normalkerzen
1	16	11	5,0	1,1	547
2	12	11	11,2	1,5	540
3	3	30	6,2	2,6	448
4	2	35	22,5	4,2	1053

Die Lichtstärke soll im Anfange sehr gross sein, im Verlauf einer halben Stunde allmälig abnehmen, dann nahezu constant bleiben; und die Stromstärke soll sich nahe in demselben Verhältniss wie die Lichtstärke schwächen. Die Schaltung der Lampen ist nicht angegeben.

Für die Reihe sub 3 waren bei den einzelnen Versuchen:

Der Kraftverbrauch in Pferdestärken	9,4	7	6,5	7,2	8,5	7,8
Der in den Stromkreis der Lampen eingeschaltete Widerstand in Ohms	4,8	9,5	13,4	22,9	37,2	55,3
Die Stromstärke in Ampères	8,13	6,9	6,4	5,8	5,3	4,6
Die Betriebskraft pro Lampe in Pferdestärken	3,1	2,3	2,2	2,4	2,8	2,6
Die Leuchtkraft pro Pferdestärke in Normalkerzen	494	585	576	456	304	281

Hiernach scheint der Widerstand des Lichtbogens sehr bedeutend zu sein und etwa 16 bis 17 Ohms zu betragen.

Zu Abschnitt II, Abthl. 2 d, Seite 380.

23. Mit Rücksicht darauf, dass sich der Incandescenz-Beleuchtung in neuerer Zeit besondere Aufmerksamkeit zuwendet, wollen wir noch auf eine einfache Construction von J. Fyfe (Deutsches Reichs-Patent Nr. 17 667), beschrieben in der Elektrotechn. Zeitschrift 1882, Heft VIII, S. 315, hinweisen, welche im Allgemeinen der Incandescenz Lampe von Joel (Fig. 157) ähnlich ist, aber auch ohne Elektromagnet zur Verwendung kommt.

Zu §. 16, Seite 114 und §. 97, Seite 412.

24. Die Elektrotechnische Zeitschrift pro 1882, Heft VIII S. 298, behandelt die weitere Ausbildung der Galvanometer für starke Ströme von M. Deprez, zur bequemen Ermittelung sowohl der Stromstärken, wie der Potentialdifferenzen in Lichtkreisen.

Zu Abschn. II, Abthl. 1, S. 242. — §. 74, S. 342 und §. 96, S. 400.

25. Scientific American, Vol. XLVII, Nr. 8 pro 1882, p. 111, berichtet über ein System der elektrischen Beleuchtung von H. J. Müller, New York (Levett-Müller System). Dasselbe führt eigene Dynamomaschinen, eigene Bogen- und Incandescenz-Lampen.

Die Dynamomaschine bildet mehrere von einander unabhängige Kreise zu verschiedenem Gebrauch im gleichzeitigen Betriebe; sie ist im äussern Arrangement der Elektromagnete und Inductorrollen der Wechselstrommaschine von Siemens (Fig. 70 c) ähnlich, führt für jeden Stromkreis einen besondern Commutator und ist, namentlich auch für jeden einzelnen Theil, gut ventilirt.

Die Bogenlampe führt vertical übereinander stehende Kohlen, deren Halter mit Zahnstangen versehen sind, welche in zwei auf gemeinschaftlicher Achse sitzende Zahnräder eingreifen, deren Drehung durch den Eingriff eines Hebels erfolgt, der mit dem beweglichen Eisenkern eines vom Betriebsstrom durchflossenen Solenoids verbunden ist. Beim grossen Widerstand des zu langen

Lichtbogens tritt der Eisenkern in Folge der Stromschwächung aus dem Solenoid heraus und senkt die obere Kohle, unter gleichzeitigem Heben der untern; während beim geringen Widerstande des zu kurzen Lichtbogens die Bewegung aus der Verstärkung des Stromes, in umgekehrter Richtung erfolgt.

Zur Incandescenz-Beleuchtung bedient sich Müller einer Vacuumlampe, ähnlich der Edison'schen Construction (Fig. 166), nur in den Verbindungen anders gestaltet.

Zu §. 97, Seite 438.

26. Seite 138 haben wir der elektrischen Beleuchtung ganzer Stadtviertel New Yorks gedacht. Nach Ausführung derselben bringt Scientific American, Vol. XLVII, Nr. 9 pro 1882, p. 127 ff. in Wort und Bild die Einrichtung der Centralstelle.

NAMENREGISTER.

A.

Abdank, Lampe 486.
Ampère, Einheit der Stromstärke 41, 114, 462.
— Solenoid 62.
André, Lampe 483.
Andrew, Dynamomaschine 239.
— Lampe 295.
— Kerze 346, 347.
Arago, Dynamomaschine 231.
Archereau, Lampe 313.
Avenarius, Theilung des Lichts 85, 427.
— Polarisator 428.
Ayrton u. Perry, Galvanometer 114.
— Voltmesser 117, 412.
— Kraftmesser 117, 118, 412, 413.
— Photometer 119, 470.
— Am-Messer 114.
— Ohm-Messer 412.
— Elektrodynamometer 412.
— Stromschwankungsmesser 412.
— Dynamometer 412.
— Lichtbogenpferdestärkemesser 413.

B.

Bacllehache, Kerze 353.
Ball, Dynamomaschine 231.
Barton, Lampe 284.
Bell, Telephon 33, 108.
Berjot, Lampe 486.
Bohm, Lampe 335.
Böhm, Lampe 393.
— Herstellung des Vacuums 394.
Bouliguine, Lampe 387.
Brockie, Regulirung der Lampe 317, 339.
Brotherhood, Motor 142, 443.
Brougham, Lampe 376.
Brush, Lampe 59, 70, 101, 320, 329.
— Dynamomaschine 63, 101, 165, 335, 402 bis 406.
— Beleuchtung 100, 101, 102.
— Installation 138, 141.
— Commutator 404.
Brush-Company, Fahrbare Einrichtung 442 bis 447.
Bunsen, Element 19, 20, 22, 24, 25, 49, 97.
— Photometer 119.
Bürgin, Dynamomaschine 222, 275.
— Lampe 269, 476.
Bureau (Clerc), Kerze 350, 487.

C.

Cance, Lampe 313.
Carels frères, Motor 145.
Carré, Kohle 68.
— Lampe 313.
Changy, de, Beleuchtung 89.
— Lampe 387.
Chertemps, Lampe 313.
Clark, Lampe 307.
Clerc (Bureau), Kerze 350, 487.
Clemendot, Einrichtung der Lampenglocken 359.
Crompton, Lichtkreise 86.
— Lampe 273, 320, 382.

D.

Daft, Lampe 486.
Daniell, Element 11.
— Einheit der elektromotorischen Kraft 16, 24, 41.
Debrun, Kerze 347.
Delaye, Kerze 354.
Dellmann, Elektrometer 116.
Deprez, Galvanometer 113, 488.
— Strommessung 122.
— Elektricitätsmesser 122, 123.
— Schaltung der Dynamomaschine 318.
— Stromtheilung 426.
— Parallelschaltung 437.
Diehl, Lampe 395, 396.
Dornfeld, Lampe 313.
Ducretet, Lampe 387.

E.

Easton, Lampe 379.
Edelmann, Dynamomaschine 161.
Edison, Strommessung 123 bis 127 und 438 bis 442.
— Installation 138, 139, 489.
— Dynamomaschine 233, 472.
— Parallelschaltung 437.
— Lampe 341, 369, 383, 387, 390, 392, 396, 397, 398.
— Beleuchtung 390.
— Abschmelzvorrichtung 391.
— Stromregulator 399, 425.
— Kronenleuchter 398.
— Verbindung mehrerer Dynamos 469. 470.
— Theilung der Funken am Commutator 472, 473, 474.
— Anordnung der Bürsten am Commutator 473.
— Elektrische Verschiebung des Commutators 474.
— Construction von Dynamomaschinen grosser Capacität 474.

F.

Farcot, Motor 145.
Farmer-Wallace, Dynamomaschine 185.
Faure, Secundär-Batterie 388.
Fein, Dynamomaschine 160.
— Wechselstrommaschine 178.
Fitzgerald, Dynamomaschine 157.
Fontaine, Beleuchtung 68, 94.
— Lichtstärken 87.
— Lampe 255, 325, 387.
Foucault, Ströme 44.
Foucault-Duboscq, Lampe 248.
Fox, Lampe 387.
Fyfe, Lampe 488.
Fyfe u. Main, Lampe 479, 480.

G.

Gaiffe, Lampe 313.
Geissler, Luftpumpe 394.
Geoffroy, Isolirung der Leitung 471.
Gerard, Wechselstrommaschine 173.
— Differentiallampe 359.
Girouard, Lampe 313.
Gordon, Lampe 372.
Gramme, Wechselstrommaschine 81, 177, 179.
— Parallelschaltung dynamo-elektrischer Maschinen 106.
— Installationen 141, 142, 145.
— Dynamomaschine 148, 154, 215, 219.
— Magnetmaschine 150.
— Inductor 151, 155, 196.
— Commutator 153.
— Lampe 218, 290.
Gravier, Stromtheilung 426.
Gülcher, Dynamomaschine 230.
— Lampe 298, 339.
Guichard, Schutz der Lampenglocken 359.

H.

Halske siehe Siemens u. Halske.
Harrison, Lampe 285, 313.
Haskin, Lampe 485.
Hawkes, Lampe 483.
Hefner-Alteneck, Oekonomie in Leitungsmaterial 131.
— Lampe 311.
Hedges, Lampe 282.
Heinrichs, Dynamomaschine 169, 472.
— Lampe 172, 277, 319, 354.
Higgs, Elektrische Kraftübertragung 407.
Holcombe, Lampe 260.

Hoffmann, Aufhängehöhe der Lampen 469.
Holmes, Dynamomaschine 185.
Hopkinson, Dynamomaschine 225.
— Wechselstrommaschine 227.
Houston, Lampe 313.

J.

Jablochkoff, Kerze 68, 72, 73, 78, 81, 100, 103, 173, 180, 342, 468.
— Wechselstrommaschine 181.
— Lampe 366.
Jacobi, Rheostat 40.
Jamin, Magnet 150.
— Kerze 347, 349.
Jamieson, Lampe 383.
Jaspar, Lampe 257.
— Theilung des Lichts 260.
Joel, Lampe 173, 174.
Joule, Gesetz 7, 8, 24, 58, 82, 123.
Jürgens, Dynamomaschine 227.

K.

King, Lampe 387.
Kohn, Lampe 373.
Krizik, Lampe 317, 362.
Krupp, Lampe 313.

L.

Lacassagne-Thiers, Lampe 313.
Lachaussée, Dynamomaschine 237, 353.
— Wechselstrommaschine 239.
Lescuyer, Lampe 281, 354, 378.
Lodyguine, Lampe 387.
Lontin, Beleuchtung 100.
— Dynamomaschine 185.
— Lampe 254, 313, 387.
Lorenz, Dynamomaschine 227.

M.

Mackenzie, Lampe 271.
Mandon, Lampe 377.
Mangin, Projektionsapparat 142, 442.
Marcus, Lampe 313, 387.
Maxim, Dynamomaschine 242.
Maxim, Stromregulator 242.
— Beleuchtung 246.
— Lampe 304, 313, 384.
Mégy, Bremsvorrichtung 184.
Méritens, Magnetmaschine 208, 209, 211, 212.
Mersanne, Lampe 287.
Million, Lampe 267.
Moleyn, Lampe 387.
Molt, le, Lampe 313.
Müller (Levett-Müller), Dynamomaschine 488.
— Lampe 488.
Muirhead, Dynamomaschine 225.
— Wechselstrommaschine 227.

N.

Newton, Lampe 340.
— Induktor der Dynamomaschine 471.
Naglo, Dynamomaschine 159, 165.
— Lampe 296, 478.

O.

Ohm, Gesetz 8, 9, 17, 24.
— Widerstandseinheit 41.
Otto, Gasmotor 48.

P.

Paterson, Fabrik der Messinstrumente von Ayrton u. Perry 412.
Petrie, Lampe 387.
Perry, siehe auch Ayrton u. Perry, Dynamomaschine 400, 402.
— Entwicklung der Elektrotechnik 400, 458.
— Commutator 401.
— Elektrische Uebertragung mechanischer Kräfte 407.
Plücker, Dynamomaschine 475.

R.

Rapieff, Lampe 279, 313.
Regnard, Lampe 313.
Reynier, Beleuchtung 88.
— Lampe 93 bis 95.

Reynier, Anordnung der Kohle für Vakuumlampen 381.
Reuleaux, Zukunft der Elektricität 459.

S.

Schuckert, Dynamomaschine 158.
— Installation 145.
— Lampe 264, 336, 479.
Sedlaczek, Lampe 145, 289.
Serrin, Lampe 252.
Siemens, Mittheilungen 3, 72, 99, 459.
— Widerstandseinheit 14, 41.
— Dynamomaschine 26, 36, 42, 44, 47, 50, 51, 52, 55, 56, 58, 101, 106, 201.
— Kohlenwiderstand 64.
— Wechselstrommaschine 81, 101, 172.
— Differentiallampe 98, 310.
— Beleuchtung 100, 101.
— Dynamo-elektrische Kette 104.
— Inductor 162, 196.
— Magnetisirungstheorie 195.
— Ausbildungsregeln 198.
— Theorie der Dynamomaschine 198, 420.
— Lampe 301, 311.
Siemens u. Halske, Elektrodynamometer 110.
— Installation 134.
— Lampe 310, 311.
— Kerze 344, 345.
— Differentiallampe 354.
Solignac, Lampe 303.
Sprengel, Luftpumpe 394.
Staite, Lampe 313, 350.
Sugg, Brenner 100.
Swan, Lampe 380, 390.
Swan, Strommessung 442.
Syrutschöck, Dynamomaschine 475.

T.

Thomson, W., Bestimmung des Querschnitts der Leitung 408.
— Bestimmung der Widerstände für die Dynamomaschine und für den Lichtkreis 415.
Thomson-Houston, Lampe 313, 372.
— Elektrische Uebertragung mechanischer Kräfte 407.
Tschikoleff, Lampe 262, 336.

V.

Varley, Lampe 387.
Volta, Lichtbogen 3, 4.
— Elemente 17.
— Einheit der elektromotorischen Kraft 41, 117.
— Induktion 188.

W.

Wallace-Farmer, Lampe 313.
Waterhouse, Lampe 481.
Way, Lampe 313.
Weber, Stromeinheit 41, 48.
— Dynamometer 110, 112, 122.
Werdermann, Lampe 371, 387.
Westinghouse, Stromregulator 425.
Weston, Dynamomaschine 220.
— Lampe 293.
Wheatstone, Brücke 39.
Wilde, Kerze 347.
Wood, Lampe 276.

SACHREGISTER.

Abschmelzdrähte 391, 455.
Adhäsionsschmiere 47.
Amalgamiren 25.
Ampère, Einheit der Stromstärke 41, 461, 462, 463.
— Messer 114.
Am-Messer 114.
Arbeitsaufwand, in Lichtmaschinen 35, 42, 43, 58, 81, 88, 89, 101.
— Abhängigkeit von der Stromstärke 41, 46.
— Berechnung 43, 46, 465.
— Verschiedenheit 47.
— für die Stromeinheit in der Widerstandseinheit 43, 465.
— Verstärkung durch Erwärmung des Kreises 44.
— Unterschied bei dynamo- und magnet-elektrischen Constructionen 42.
— Abhängigkeit vom Leitungswiderstand 51, 131, 132.
— Grösse der elektrischen Arbeit 58, 117, 118, 121, 465.
— Nutzeffect in der Lichtausgabe 58, 465.
— bei verschiedenen Bogenlängen 88, 89.
— bei der Incandescenzbeleuchtung 88, 93.
— Kosten 47, 48.
— zur Bildung der Elektromagnete 192.
— Verlust durch Inductionswirkung 192, 196, 197, 199, 200.

Beleuchtung (elektrische).
— Allgemeine Betrachtungen 1, 457.

Beleuchtung (elektrische).
— Kosten 2, 25, 87, 96, 98, 99, 100, 101, 102, 453 (siehe auch Licht [elektrisches]).
— Vergleich mit der Gasbeleuchtung 4, 100, 103, 452, 454.
— Gefahr 5, 146, 400, 454.
— mittelst galvanischer Batterie 19.
— Verhalten bei continuirlichen und Wechselströmen 77 und bei Jablochkoff'schen Kerzen 78.
— durch Einzellicht 85, 86, 87.
— durch getheiltes Licht 85, 86, 87.
— Bildung von Kreisen und Flächen 86, 87.
— mit Linsensystem 88, 450.
— Incandescenz 88 bis 91, 93, 95, 96, 390 (siehe auch Lampen [elektrische]).
— Leistung der Incandescenz 88, 94, 95.
— Resultate der öffentlichen, im grösseren Versuche 100, 101, 103, 453, 454.
— Aufwand (siehe Arbeitsaufwand).
— Verwendung von Extraströmen 387 und von Volta-Inductionsströmen 396.
— durch Sekundärbatterien 388.
Bürsten (siehe Contactbürsten).

Calorien 25, 466.
Commutator, der dynamo-elektrischen Maschinen 28, 33, 153, 168, 202, 472, 473.
— Aufgabe 32, 33.
— der magnet-elektrischen Maschinen 32.
— Anordnung der Bürsten 32, 33, 46, 473.

Commutator, Mängel 45.
— für Jablochkoff'sche Kerzen 74, 75.
— der Brush-Maschine 168, 404.
— der Wechselstrommaschine 174.
— der Gramme-Maschine 153.
— Perry's 401.
— Elektrische Verschiebung 474.
Condensator, Platten 191.
— die Leitung 192.
— Anwendung bei der elektrischen Beleuchtung 369, 428.
— Capacität 428, 462, 463.
Constanten der Lichtmaschinen 35, 413.
— der galvanischen Elemente 35.
Contactbürsten 28, 32, 33, 45, 152.
— Widerstandsänderung 45.
— Anordnung bei dynamo-elektrischen Maschinen 32, 33, 46, 473.
— Mängel 45.
Coulomb, Einheit der Elektricitätsmenge 462.

Dampfmotoren 136, 140 bis 147, 235, 443, 444, 472 (s. auch Motoren).
— Kohlenverbrauch 2.
— Kosten der mechanischen Arbeit 47, 48.
Dispersions-Photometer 119, 120, 470.
— Resultate aus dem Gebrauch 121.
Drehungsgeschwindigkeit, Widerstandsveränderung 45.
— Verschiebung der Indifferenzpunkte 46.
Dyn, Krafteinheit 461.
Dynamo-elektrische Kette 104.
Dynamo-elektrische Maschine 28 (siehe auch Lichtmaschinen).
— Einrichtung der Siemens'schen 26, 34, 36, 38, 40, 49 bis 52, 55, 185, 201 bis 207.
— Dimensionen 28, 57, 185, 235 bis 237, 400.
— Gewicht 28, 184, 235, 237.
— Preis 28, 184, 185.
— Triebkraft 28, 185, 235.
— Tourenzahl 28, 34, 54, 55, 185, 236.
— Leistung 28, 47, 49, 50 bis 54, 56, 58, 86 bis 88, 106, 121, 156, 158 bis 160, 169, 184, 206, 236, 318, 319, 405, 406.
Dynamo-elektrische Maschine, Vorgänge 29, 34, 36, 152, 154, 155, 188, 192, 203, 403.
— Grundkraft 29, 55.
— Vertheilung der Polarität 30, 151, 152, 155, 403.
— Aufgabe der Schleifcontacte 32, 152.
— Leitungswiderstand 34 bis 37, 42, 49, 50, 106, 236.
— Sekundäre Wirkungen 35, 46, 187, 192, 193, 196, 197, 199, 200.
— Elektromotorische Kraft 35, 49, 51 bis 54, 58, 106, 107, 236, 406, 469.
— Stromstärke 5, 35, 42, 48, 49, 51 bis 55, 58, 106, 421.
— Wicklung des Inductors 34, 36, 38, 152, 153, 235, 471, 476.
— Constanten 35, 413.
— Wicklung der Elektromagnete 27, 30, 37, 38, 52, 55, 149.
— Windungszahl und Drahtdimensionen 37.
— Bestimmung des Widerstandes 38, 118, 119, 415.
— Widerstandsänderung 10, 12, 40, 90, 91.
— Grundtypen 47, 402, 403.
— Nachbildung der Grundtypen 47, 403.
— Einfluss grosser Widerstände auf die Leistung 51.
— Einfluss der Betriebsdauer auf die Leistung 52.
— Wärmeentwickelung als Leistungsgrenze 45, 52, 414.
— Temperatur während der Arbeit 52, 156, 186.
— Wirkung aus der Grundkraft 55.
— Einfluss der Wicklungszahl auf die Leistung 55.
— Arbeitsaufwand zum Betriebe, siehe Arbeitsaufwand.
— als Hülfsmaschine 80, 176, 401, 402.
— Schliessungskreis der Hülfsmaschine 80, 176.
— Verbindung mehrerer 104, 105, 469, 470.
— Parallelschaltung 105 bis 107.
— Verstärkung der elektromotorischen Kraft 35, 107, 400, 470, 474.
— Polaritätsumkehrung 106.
— Magnetisches Feld 30, 154.
— Inductor 27, 34, 44, 153, 235, 471, 472.

Dynamo-elektrische Maschine, Commutator 28, 32, 33, 45, 46, 153, 168, 404, 472, 473, 474.
— Andrew 239.
— Ball (Arago) 231.
— Brush 165, 335, 402 bis 406.
— Bürgin 222, 275.
— Edelmann 161.
— Edison 233, 400, 472, 474.
— Farmer-Wallace 185.
— Fein 160.
— Fitzgerald 157.
— Gramme 148, 154.
— Gramme, neueste 215, 319.
— Gülcher 230.
— Heinrichs 169, 472.
— Holmes 185.
— Jürgens und Lorenz 227.
— Lachaussée 237, 353.
— Lontin 185.
— Maxim 242.
— Müller (Levett-Müller) 488.
— Muirhead und Hopkinson 225.
— Naglo 159, 165.
— Perry 400, 402.
— Plücker 475.
— Schuckert 158.
— Siemens 26.
— Siemens, neueste 201, 206.
— Siemens, stehende 176, 177, 185.
— Syrutschöck 475.
— Weston 220.
— Mängel 204, 206.
— Todte Windungen 187, 236.
— Theorie 198, 420, 427.
— Todte Touren 423.
— Leistungssteigerung 318.
— Verhältniss der Grösse zur Leistung 400, 401.
— Beurtheilung 420.
— Beschädigung durch starke Spannungen 469.
— Theilung der Funken am Commutator 472, 473, 474.

Einheit, des elektrischen Widerstandes 14, 41, 461, 462.
— der Stromstärke 41, 48, 461, 462.
— der elektromotorischen Kraft 16, 41, 461, 462.
— der Wärme 25, 465.
— der Zeit 7, 123, 460.
— der Lichtstärke 2, 120.
Einheit, der Arbeit 43, 460, 461.
— der Kraft 460, 461.
— der Länge und Masse 460.
— des Magnetismus 461.
— der Elektricitätsmenge 462.
— der Capacität des Condensators 462.
— Praktischer Werth der absoluten 464.
Elektricität, Bildung durch Wärme 45, 65.
— Bildung aus mechanischer Arbeit 47, 48.
— Kosten der Bildung 47, 48, 96, 97, 458.
— Erzeugung an Centralpunkten 96, 97, 122, 123, 138.
— Bestimmung der Quanta 122 bis 127, 429, 438 bis 442.
— Dichte 115, 117.
— Aufwand zur Bildung der Elektromagnete 192.
— Zukunft der Anwendung 458.
Elektricitätsmesser, von Deprez 113, 122, 123, 488.
— von Edison 123 bis 127, 438 bis 442.
— von Swan 442.
— von Ayrton und Perry 114, 117, 118, 412, 413.
Elektrometer 115.
— von Dellmann 116.
Elektrodynamometer von Weber 110, 112, 122.
— von Siemens 110, 111, 135.
— von Ayrton und Perry 412.
Elektrolyse 125.
Elektrische Kraftmesser 117, 118, 412, 413.
Elektromagnet, Wicklung des gewöhnlichen 27.
— Wicklung des der Dynamomaschine 27, 30, 38, 318, 426.
— Widerstand des der Lichtmaschinen 51, 52, 106, 236, 415, 418.
— Windungszahl des der Lichtmaschinen 52, 55.
— Wärmeentwicklung 52.
— Aufwand zur Bildung 192.
— Schwächung durch Inductionswirkung 46, 192, 193, 196, 197, 199, 200.
— der Telegraphenapparate 322.
— der elektrischen Lampen 322.
— Polarisirter 355.
Elektromotorische Kraft, Erklärung 8, 17.

Elektromotorische Kraft, Verstärkung 12, 35, 107, 401, 407, 408, 469, 470, 474.
— Einheit 16, 41, 461, 462.
— Bildung und Verlauf 16.
— des Bunsen'schen Elements 24, 50.
— Abhängigkeit in Lichtmaschinen 35, 47, 401.
— des Daniell'schen Elements 50.
— der Dynamomaschine 35, 49, 51 bis 54, 58, 106, 107, 236, 406, 469.
— Verhalten bei Parallelschaltung der Lichtmaschinen 106, 107.
— und Elektricitätsdichte 117.
— Vertheilung im Schliessungskreise 16, 117.
— Bestimmung 16, 41, 48, 113, 117, 421.
— des Lichtbogens 45, 65, 117.
— Gefahren aus grosser 400, 456.
— der Gewitterentladung 400.
Elemente, siehe galvanische Elemente.
Erg, Arbeitseinheit 461, 464.
Extrastrom 191.

Farad, Einheit der Capacität des Condensators 463.
Flamme (elektrische)..
— Hintereinander- und Parallelschaltung 82, 83.
— Temperatur 4.
Flammenströme 45, 65, 117.
Foucault'sche Ströme 44.
Funkenbildung, Einfluss 46.

Galvanische Elemente (Batterien).
— Construction des Daniell'schen 11.
— Construction des Bunsen'schen 19.
— Schaltung 13, 19, 24, 105, 106.
— kurz geschlossene 20.
— Widerstand 20.
— Wärmeentwicklung 20, 25, 97.
— Zahl zur Lichtbildung 49, 50.
— Elektromotorische Kraft 24, 50.
— Constanten 35.
— Beleuchtung mittelst 19.
Galvanometer 108 bis 110.
— von Deprez 113, 114, 488.
— von Ayrton und Perry 114, 115, 412.
Galvanoskop 108.
Galvanische Spannungsreihe 16.
Galvanische Ströme, Eigenschaft 29 (siehe Strom [elektrischer]).
Gasbeleuchtung, Stärke 2.
— Vergleich mit der elektrischen Beleuchtung 4, 100, 103, 454.
— Gasverbrauch 2, 100.
— Maass des Ersatzes durch elektrisches Licht 100, 101, 453.
Gasmotoren, Gasverbrauch 2.
— Kosten der mechanischen Arbeit 47 48.
Gaslicht, Wärmemenge zur Bildung 4, 5, 72.
— Temperatur 5, 71.
— Wärmeausstrahlung 5, 71.
— Theilung 82, 85.
Gesetz, Joule'sches 7, 123.
— Ohm'sches 8, 35.
Incandescenz-Beleuchtung (siehe auch Licht [elektrisches]) 88 bis 91, 93, 95, 96, 390.
— Schwächung des Lichts 3, 88, 94, 95, 381.
— Kosten 3, 369, 370, 381, 390, 399.
— Changy's 89, 90, 91.
— Reynier's 93.
— Leistung 94, 95.
— Arbeitsaufwand 88, 93.
— Anordnung der Kohlen 94, 95.
— Dynamomaschine zur 246.
— Lampen zur, s. Lampen (elektrische).
Indifferenzpunkte des Inductors 197.
Induction, Volta 188, 367, 368.
Inductionsspirale 189, 368.
Inductionswirkung 193, 194.
— Schwächung der Elektromagnete 192, 193, 196, 197, 199, 200.
— Verlust 192, 196, 197, 199, 200, 369.
Inductionsströme, Eigenschaft 29.
— Verstärkung 29, 31, 33, 34, 368.
— Bildung 31, 33, 368.
— Entstehung im Telephon 33.
— in zusammenhängenden Metallmassen 44.
— Schliessung und Oeffnung 189.
— (Extraströme) 191.
Inductor, der Siemens'schen Dynamomaschine 27, 34, 44, 162, 163, 202.
— Vertheilung der Polarität im Siemens'schen 30.
— Wicklung des Siemens'schen 34, 36, 38, 163.
— Wärmeentwicklung 44, 52.

Inductor, Gramme's 151 bis 156.
— Widerstand 50, 51, 52, 106, 415, 418.
— Windungszahl 52, 55.
— Indifferenzpunkte 197.
— Veränderung des Siemens'schen 164, 165, 471.
— Brush 167, 403.
— Heinrich 171, 472.
— Edison 235, 236.
— Vorgang im Siemens'schen und Gramme'schen 29, 151, 196, 403.
— Syrutschöck 475.
— Plücker 476.
Installation 127 bis 147, 400 bis 456.
— Kosten 99 bis 102.
— für Wechselstrombetrieb 134 bis 137.
— für continuirlichen Strom 138, 140, 141.
— ausgedehnter Anlagen 138, 139, 437, 489.
— Fahrbare 142, 143, 442 bis 447.
— Gefahr aus mangelhafter 5, 146, 454 bis 456.
— Elektrische Messungen behufs der 412 bis 414, 456.
— Detaillirte Pläne 146, 411.
— Einfluss der Lichtreflexe 450.

Kerze (elektrische), Einrichtung der Jablochkoff'schen 72 bis 75, 342, 468.
— Dimensionen der Kohlen für Jablochkoff'sche 72, 76.
— Brennzeit der Jablochkoff'schen 74.
— Automatische Einschaltung der Jablochkoff'schen 75, 468.
— Mangel der Jablochkoff'schen 76, 103.
— Praktische Anwendung der Jablochkoff'schen 76.
— Preis der Jablochkoff'schen 100.
— Lichtbogen der Jablochkoff'schen 74.
— Selbstzündung der Jablochkoff'schen 343.
— von Siemens & Halske 344, 345.
— von Andrew 346, 347.
— von Jamin 347, 349.
— von Debrun 347.
— von Wilde 347.
— von Clerc (Bureau) 350, 353, 487.
— von Bacllehache 353.
— von Delaye 354.
Kohlen, Arten 60, 68.
— Form und Abmessung 60, 72, 76, 93, 353, 364, 369, 371, 380, 381, 483.
Kohlen, Brennzeit 63, 70, 99, 101, 333, 375, 377, 382, 390.
— Auseinanderstellung zur Lichtbildung 64, 65, 333.
— Beschaffenheit und Verhalten 68, 69.
— Art der Verbrennung im Lichtbogen 68, 70.
— Lichtstärken verschiedener 68.
— Anforderung an gute 68.
— metallisirte 68.
— Einfluss auf Lichtausgabe und Strahlenrichtung 69, 315.
— Einfluss der Stärke und Form auf die Lichtbildung 71.
— Form der Spitzen im continuirlichen Strom 69.
— Veränderung der Spitzen durch die Lichtbogenlänge 71.
— Form der Spitzen im Wechselstrom 76.
— zur Incandescenzbeleuchtung 94, 95.
— Widerstand 10, 64, 370, 382.
— Anwendung doppelter Paare 101, 478.
— Verbrennungswärme 47, 48, 72, 97.
— Verbrauch in Dampfmotoren 2.
— Anschluss an den Stromkreis 314.
— Oekonomie 315, 477.
— Verhalten im Vakuum 371, 374, 382.
— Fabrikation für Vakuumlampen 369, 381, 392.
— Regeneration 385.
Kosten der elektrischen Beleuchtung (siehe elektrisches Licht).
Kraftübertragung (elektrische) 407, 409, 410, 469.

Ladungserscheinungen 192.
Lampen (elektrische).
— Anforderungen 65, 146, 314, 456.
— Fokus 66, 313.
— Schaltung mehrerer in den Stromkreis 67, 101, 130, 131, 133, 134, 139, 339, 408, 427 bis 437.
— Brenndauer 66, 101, 315.
— Lage der Regulirung und des Lichtbogens 67, 320 bis 327.
— Schaltung für Einzellicht 67.
— Verschiebung des Leuchtpunktes 70.
— Construction von Brush 59, 61, 320, 329.
— für continuirlichen Strom 59.
— Anschluss an den Stromkreis 61, 128, 447.

Lampen (elektrische).
— Reynier's Incandescenz 93, 94.
— Regulirung, siehe Regulirungsvorrichtung.
— für Einzellicht 316, 320.
— für getheiltes Licht 316, 320.
— Isolirung des Stromweges 146, 314, 456.
— Bewegte Theile 315.
— Ankündigung des Verlöschens 315, 479.
— mit Differentialwirkung 324, 327, 328.
— Klassificirung 327.
— Hülfs- 327.
— Schutz der Glocken 359.
— Gasfüllung der Vakuum- 385, 387.
— Leistung der Differential- 359.
— Wechselstrom 365.
— Lichtstärke der Incandescenz- 369, 374, 375.
— Lichtstärke der Vakuum- 370, 377, 381, 382.
— Zerstörung der Incandescenz 390.
— Schutz gegen Zerstörung 391.
— Fabrikation der Vakuum- 392, 393, 394.
— Schutz des Vakuums 395.
— Aufhängehöhe 469.
— von Abdank 486.
— „ André 483.
— „ Andrew 295.
— „ Archereau 313.
— „ Barton 284.
— „ Berjot 486.
— „ Bohm 335.
— „ Böhm 393.
— „ Bouliguine 387.
— „ Brockie 317.
— „ Brougham 376.
— „ Bürgin 269, 476.
— „ Cance 313.
— „ Carré 313.
— „ de Changy 387.
— „ Chertemps 313.
— „ Clark 307.
— „ Crompton 273, 320.
— „ Daft 486.
— „ Diehl 395, 396.
— „ Dornfeld (Krupp) 313.
— „ Ducretet 387.
— „ Easton 379.
— „ Edison 341, 369, 383, 387, 390, 392, 396 bis 398.

Lampen (elektrische).
— von Fontaine 255, 387.
— „ Foucault-Duboscq 248.
— „ Fox 387.
— „ Fyfe 488.
— „ Fyfe & Main 479, 480.
— „ Gaiffe 313.
— „ Gérard, Differential- 359.
— „ Girouard 313.
— „ Gordon 372.
— „ Gramme 218, 290.
— „ Gülcher 298, 339.
— „ Harrison 285, 313.
— „ Haskin (Diamond-Arc) 485.
— „ Hawkes 483.
— „ Hedges 282.
— „ Heinrichs 172, 277, 319, 354.
— „ Holcombe 260.
— „ Jablochkoff 366.
— „ Jaspar 257.
— „ Joel 374.
— „ King 387.
— „ Konn 373.
— „ Krizik (Pilsen-Lampe) 317, 362.
— „ Lacassagne-Thiers 313.
— „ Lescuyer 281, 354, 378.
— „ Lodyguine 387.
— „ Lontin 254, 313, 387.
— „ Mackenzie 271.
— „ Mandon 377.
— „ Marcus 313, 387.
— „ Maxim 304, 313, 384.
— „ Mersanne 287.
— „ Million 267.
— „ Moleyn 387.
— „ Le Molt 313.
— „ Müller (Levett-Müller) 488, 489.
— „ Naglo 296, 478.
— „ Newton 340.
— „ Petrie 387.
— „ Rapieff 313.
— „ Regnard 313.
— „ Schuckert 264, 336, 479.
— „ Sedlaczek 289.
— „ Serrin 252.
— „ Siemens 301.
— „ Siemens & Halske 310, 311.
— „ Siemens & Halske, Differential- 354.
— „ Solaire 354.
— „ Soleil (Clerc-Bureau) 351, 487.
— „ Solignac 303.
— „ Staite 313, 350.

Lampen (elektrische).
— von Swan 380, 390.
— „ Thomson-Houston 313.
— „ Tschikoleff 262, 336.
— „ Varley 387.
— „ Wallace-Farmer 313.
— „ Waterhouse 481.
— „ Way 313.
— „ Werdermann 371, 387.
— „ Weston 293.
— „ Wood 276.
Lampenständer 445 bis 449.
Leiter, Erwärmung 10, 127, 455.
— Parallelschaltung 14, 15, 91, 409, 427 bis 437.
— feste 9.
— flüssige 11, 12.
— schlechte 9, 21.
— Widerstand 9, 12, 64.
— bewegliche 70.
Leitung, Kabel 101, 129.
— Bildung 127, 128, 146, 447, 471.
— Erwärmung 127, 128, 455.
— Führung 129, 138, 139, 146, 447.
— Anlagen 130, 135, 139.
— Oekonomie im Material 131, 132, 409.
— Umschalter 129, 130, 133, 135, 136, 455.
— Rück- 129, 135, 139, 456.
— Verhältniss der Arbeit zum Widerstand 131, 132.
— als Condensator 192.
— Unterbrechung durch Abschmelzen 391, 455.
— zur elektr. Uebertragung mechanischer Arbeit 407.
— Bestimmung des Querschnittes 37, 408, 409, 415, 420.
— Verbindung der Leitungsdrähte 446, 447, 455.
— Anforderungen an die Drähte 455.
— Arrangement in geschlossenen Räumen 456.
— Mangel oberirdischer 454.
— Isolirung für sehr starke Ströme 471.
Leitungsfähigkeit 9.
Leuchtthürme 88, 450, 451.
Licht (elektrisches).
— Stärke 1, 2, 56, 57 (s. auch Lichtstärke).
— Theilung 2, 3, 6, 67, 81, 82, 85, 89, 95, 96, 132 bis 134, 260, 316, 426, 427.
Licht (elektrisches), Vorzüge 4, 5, 452.
— Temperatur 4.
— Ueberlegenheit gegen Gaslicht 1, 4, 100, 101, 452, 453.
— Bildung 7, 59, 61, 89, 367.
— Wärmemenge zur Bildung 4, 5, 72.
— Wärmeausstrahlung 5, 71.
— Kosten 2, 3, 25, 87, 97 bis 102, 369, 370, 381, 388, 390, 396, 399, 453.
— Empfindlichkeit 60, 65.
— Kohle zur Bildung 60, 68 (s. Kohlen).
— Einfluss der Glasbedeckung auf die Stärke 63.
— Einfluss des Abstandes der Kohlenspitzen auf die Stärke 64.
— Eigenschaften 71, 452.
— Reflectoren 78, 79, 86, 88.
— Ueberlegenheit aus continuirlichen Strömen 80.
— Beziehung zur Wärme 82, 84.
— im luftleeren Raum 95.
— Nachtheile 102, 103.
— Schwächung 3, 88, 94, 95, 452.
— Einfluss der Lampen 316, 319.
— Einfluss der Lichtmaschine 319.
— der Vakuumlampen 370, 371.
— Einfluss von Nebel und Rauch 452.
Lichteinheiten 2, 120.
— Leistung der Lichtmaschinen 56, 57.
Lichtbogen, Elektromotorische Kraft 45, 65, 117.
— Widerstand 51, 58, 64, 106, 117, 370, 488.
— Nutzarbeit 58, 118, 121.
— Widerstandsveränderung im Schliessungskreise durch Bildung des 63, 64.
— Entfernung unter den Kohlenspitzen zur Bildung des 64, 65, 333.
— Stromstärkenveränderung durch Bildung des 63, 64.
— Selbstthätige Bildung des 63.
— Leuchtkraft langer 65.
— Widerstandsbestimmung 117.
— Leitungsfähigkeit 328.
— Arbeitsaufwand unter verschiedenen Längen, 88, 89.
— Veränderung der Kohlenspitzen aus der Länge 71.
— Verbrennung der Kohlen im 68, 70.
— als beweglicher Stromesleiter 70.
— Empfindlichkeit 65.
— Verhalten unter dem Einfluss von Magneten und Strömen 70.

Lichtbogen, Störung der Wärmeentwicklung 65.
— Wärmeausstrahlung 71.
— Hitzegrad 4, 71.
— Bildung in Jablochkoff'schen Kerzen 74.
— Bildung im continuirlichen Strom 69.
— Bildung im Wechselstrom 76.
— Verschiebung in der Lampe 70.
— Einfluss der Veränderung auf die Regulirung der Lampen 318.
Lichtmaschinen, siehe auch Dynamomaschine u. magnet-elektr. Maschine.
— Leistung 2, 58, 85, 185, 465.
— Aufstellung 127, 137, 455.
— Wärmeentwicklung 45, 52, 186.
— Widerstand, siehe Widerstand.
— Bestimmung des Widerstandes 118, 119.
— Parallelschaltung 106.
— Bewegungswiderstand 41.
— Stromstärke 5, 48, 106.
— Rotationsgeschwindigkeit 28, 34, 54, 55.
— Bildung der Magnete 31, 34, 80, 470.
— Dimensionen, Gewicht und Preis 184.
— Anforderung 185.
— Todte Windungen 187.
— Sekundäre Wirkungen 187.
— Vorgänge 188.
— Ladungserscheinungen 192.
— Regeln zur Ausbildung 198.
Lichtkreise (siehe auch Schliessungskreis).
— Widerstand der praktischen 24, 127, 407, 415, 420.
— Schaltung galvan. Batterien 13, 19, 24, 105, 106.
— Schaltung der Lampen 61, 67, 101, 130, 131, 134, 427 bis 437.
— Vertheilung der elektromotorischen Kraft im 17, 117.
Lichtstärken 1, 2, 56, 57.
— Leistung der Lichtmaschinen in 56, 57, 87, 478.
— pro Pferdekraft 64, 88, 478.
— Veränderung auf Entfernungen 71, 86.
— Messung 71, 119, 120, 121.
— Unsicherheit der Angaben über 78, 79.
— aus continuirlichen und Wechselströmen 77, 78.
Lichtstärken, Praktisches Maass für 86.
— bei verschiedenen Bogenlängen 88.
— mittlere 88.
— des bedeckten Lichts 63.
— Einfluss des Kohlenabstandes auf die 64.
— Einfluss verschiedener Kohlen 68.
— Einheit 2, 120.
— der Incandescenz-Lampen 369, 374, 375.
— der Vakuumlampen 370, 377, 381, 382.
Lichtstrahlen, Richtung im continuirlichen Strom 70.
— Richtung im Wechselstrom 77.
Luftpumpe, Combinirte Geissler- und Sprengel 394.

Magnete, Kraftlinien 30.
— Schwächung permanenter 31.
— Bildung in Lichtmaschinen 31, 34, 80, 318.
— Verhalten des Lichtbogens unter dem Einfluss der 70.
— Spiralen als 31, 195.
Magnetismus, remanenter 29.
— Verstärkung des 29.
— Maximum 31.
— Schwächung permanenter Magnete 31.
— Bildung in Lichtmaschinen 31, 34, 80.
— Stärke des inducirten 34.
— Abhängigkeit in dynamo-elektrischen Maschinen 36.
— Theorie des 43, 195.
— Wärmeentwicklung bei Bildung des 44.
— Schwächung durch sekundäre Wirkungen 35, 46, 187, 192, 193, 196, 197, 199, 200.
— wirksamer 198, 200, 421.
— Einheit 461.
Magnet-elektr. Maschinen (siehe auch Lichtmaschinen).
— Grundkraft 31.
— Bildung der Inductionsströme in 31.
— Form 31, 32.
— Commutator 32.
— Elektromotorische Kraft 35, 47.
— Widerstand 35.
— Stromstärke 35.
— Rotationsgeschwindigkeit 34.
— Constanten 35.
— Wechselstrommaschine als 80.
— Parallelschaltung 106.

Magnet-elektrische Maschinen,
— Polaritätswechsel 32.
— von Gramme 150.
— Leistung 150, 210, 211.
— von Méritens 207.
— Alliance 212, 213.
— Vorzüge und Nachtheile 214, 215.
Magnetisches Feld 30, 154.
— Lage in Siemens' Dynamomaschine 30.
— Homogenes 31.
— Dimension 52, 55.
Magnetisirende Kraft der Spirale 31, 195, 323.
Messung 412 bis 414.
— des continuirlichen Stromes 108, 110, 111.
— des Wechselstromes 110, 111, 412.
— des Widerstandes 38, 412.
— der elektromotorischen Kraft 117.
— der Lichtstärke 71, 119, 120.
— der Stromstärke 108, 109, 110, 114.
— der Elektricitätsquanta 122 bis 127, 438 bis 442.
— der Elektricitätsdichte 115, 117.
— der Stromschwankungen 412.
— der Pferdestärken 412, 413.
— Ayrton & Perry's Instrumente zur elektrischen 412.
— mittelst Tangentenboussole 463.
— der Potentialdifferenz 117.
Maximum der Stromstärke 15, 21, 22.
— der Wärmeentwicklung 18, 21, 22, 23, 83, 89.
— des Magnetismus 31.
Motoren, Verbindung mit den Lichtmaschinen 137, 140 bis 146, 235, 442 bis 444.
— Fundirung 137, 140, 141, 143, 144, 443.
— Arten 137, 140 bis 145, 235, 442 bis 444.
— Anforderung 145.
— Leistung 145.

Nutzeffect der Wärmeentwicklung 22.
— der mechanischen Arbeit 58, 118, 121.

Ohm, Einheit des Widerstandes 41, 461, 462.
— Gesetz 8, 35.
Oeffnungsströme 189.

Photometer, Bunsen'sches 119.
— von Ayrton & Perry 119, 120, 470.
Polarisator 428.
Polarität, Vertheilung in der Dynamomaschine 30, 151, 152, 155, 403.
— Wechsel in magnet-elektrischen Maschinen 32.
— Umkehrung in parallel geschalteten Dynamomaschinen 106.
Potentiale 16.
— Differenz 17, 115, 117.
— Messung der Differenz 117.
Projector 142.
— Leistung 442.

Reflectoren 78, 79, 86, 88, 142, 144.
Regulatoren, siehe Lampen (elektr.).
— für Stromstärken, siehe Stromregulatoren.
Regulirungsvorrichtung.
— in elektrischen Lampen 60, 66, 67, 316 bis 319, 339.
— Aufgabe in elektr. Lampen 62, 63.
— Leistung in Lampen 64, 66.
— Anforderungen an die 66, 316, 320, 324, 328, 330.
— Triebkraft f. d. 66, 317, 322, 323.
— Stromesäusserung auf die 317, 318.
— Bewegliche Theile 315.
— im Hauptkreise 321.
— in der Nebenschlussschaltung 321, 339.
— der Differentiallampen 324, 325.
— Sekundärwirkungen in der 338.
Rheostat von Jacobi 40.
Rotationsgeschwindigkeit
— in der Dynamomaschine 28, 34, 54, 55.
— in der magnet-elektr. Maschine 34.
— für den praktischen Gebrauch 55.
— Abhängigkeit von den Dimensionen der Lichtmaschine 55.

Sekundär-Batterien
— Faure's 388.
— Leistung 389, 390.
Schliessungsströme 189.
Schliessungskreis siehe auch Lichtkreise.
— Bildung 11, 101, 127 ff., 400 ff., 447, 455, 456.
— Innerer Widerstand des 12, 20, 80.
— Aeusserer Widerstand des 12, 17.
— kurzer 13.

Schliessungskreis, Wärmeentwicklung, siehe Wärmeentwickelung.
— Vertheilung der Stromstärke im 9, 67, 117.
— Vertheilung d. elektromot. Kraft im 17, 117.
— der Dynamomaschine als Hülfsmaschine 80.
Schmelztemperaturen 89.
Solenoid 62.
— Wirkung d. Stromes im 62, 337, 338.
— Magnetisirende Kraft des 31, 195, 323.
— Widerstand des 322.
Strom (elektr.).
— Vertheilung von Centralpunkten 3, 96, 138.
— Stärke, siehe Stromstärke.
— Umbildung in Wärme 7.
— Maximum der Stärke 15, 21, 22, 416.
— continuirlicher 27.
— durch Induktionswirkung 29, 367.
— Erregung durch Wärme 45, 65, 117.
— Verzweigung 91, 134, 430 bis 438.
— Einheit der Stärke 41, 48, 461, 462.
— Verstärkung durch Parallelschaltung der Lichtmaschinen 106.
— Nutzbare Arbeit im Lichtbogen 58, 117, 118, 121.
— chemische Leistung 125, 365.
— Wirkung im Solenoid 62, 337.
— Verhalten des Lichtbogens unter dem Einfluss des — 70, 348, 349.
— Lichtbogen aus continuirlichem 69.
— Bestimmung der Quantität 122 bis 127, 438 bis 442.
— Form der Kohlenspitzen im Wechsel- 76.
— Form der Kohlenspitzen im continuirlichen 69.
— Lichtbogen im Wechsel- 76.
— Verhältniss zur mechanischen Arbeit 58, 117, 118, 121, 465.
— Seitenwirkung des 337.
— Verbrauch im Schliessungskreise 321.
— Unterschied zwischen continuirl. und Wechsel- 365.
— Schutz der Einrichtungen gegen zu starken 242, 391, 399, 424, 425, 426.
Stromregulatoren 242, 399, 424, 425, 426.
Stromstärke 8.
Stromstärke, Vertheilung im Kreise 9, 67, 117.
— Maximum 15, 21, 22, 416.
— Einheit 41, 48, 461, 462.
— unter Erwärmung des Kreises 44.
— der Telegraphirströme 48, 108.
— der Lichtmaschinen 5, 35, 42, 48, 49, 51 bis 55, 58, 106, 409.
— Veränderung 44, 63, 64, 66.
— Berechnung bei Stromverzweigung 91, 92, 321 bis 325, 429 bis 436.
— Messung 108, 109, 110, 463.
— der Telephonie 108.
— Verhältniss z. Elektricitätsdichte 117.
— Abhängigkeit des Arbeitsaufwandes von der 41, 46.
— Abhängigkeit der 199, 421.

Tangentenbussole 109, 110.
— Gebrauch zu absoluten Messungen 463.
Theilung des elektrischen Lichtes, siehe Licht (elektrisches)
— des Gaslichtes 82, 85.
Treibriemen, Gleiten 47, 187, 227.
— Ersatz 141.
Trennungsfunken 7.

Unterbrechungsapparat 368.

Vakuumlampen, s. Lampen (elektrische).
Verbrennungswärme.
— der Kohle 47, 48, 72, 97.
— des Gases 48.
Volt, Einheit d. elektromotorischen Kraft 41, 461, 462.
— messer 117.
Voltameter 428.

Wärme, Einheit 25, 465.
— Specifische 10.
— Aequivalent 48, 466.
— ausstrahlung des Lichtbogens 5, 71.
— ausstrahlung des Gaslichtes 5, 71.
Wärmeentwicklung
— im Schliessungskreise 7, 127, 128.
— Concentration 8, 21, 23.
— Abhängigkeit von der specifischen Wärme 10.
— Abhängigkeit vom Widerstande 9, 21, 25.

Wärmeentwicklung, Unterdrückung 10, 34, 45, 127, 128, 186.
— Steigerung im Kreise 16, 17.
— Vertheilung im Kreise 9, 21, 25.
— im galvanischen Element 20, 25, 97.
— Nutzeffect 22.
— Maximum 18, 21, 22, 23, 83, 89.
— im Inductor 44, 52.
— in Metallmassen 44.
— als Leistungsgrenze der Lichtmaschine 45, 52, 186.
— aus der Kohle 47, 48, 72, 97.
— Störung im Lichtbogen 65.
— in verschieden geschalteten Flammen 83.
— Verhältniss zur Flammenzahl 84.
— aus dem Gase 5, 48.
— im Lichtbogen 4, 71.
— in der Dynamomaschine 52, 186.
— Abhängigkeit des Arbeitsaufwandes von der 44.
Weber, Einheit der Stromstärke 41, 48, 461, 462.
Wechselströme 32, 72, 80.
— Umbildung in continuirliche Ströme 32, 33.
— Wirkung gleichzeitigen Auftretens 32.
— Betrieb mit 32, 358, 365, 366.
— Unterschied gegen continuirlichen Strom 365.
— durch Volta Induction 367.
Wechselstrommaschine (siehe auch Lichtmaschine) 80, 174.
— Grundkraft 80.
— Widerstand 80.
— Verbindung im Kreise 81, 101, 130, 131, 135.
— combinirte 81, 179.
— Arbeitsaufwand im Betriebe 81, 101.
— als magnet-elektr. Maschine 80.
— Commutator 174.
— von Siemens 172 bis 177.
— „ Gérard 173.
— „ Gramme 177.
— „ Fein 178.
— „ Jablochkoff 181 bis 183.
— „ Muirhead und Hopkinson 227.
— „ Lachaussée 239.
— Erwärmung 186.
— Todte Windungen 187.
— Sekundäre Wirkungen in der 187, 192.
Wechselstrommaschine, Vorgänge in der 188, 191, 192.
— Nachtheile der 207.
Wheatstone'sche Brücke 39.
Widerstand (elektr.) 8.
— innerer 12, 20, 35, 80, 118, 119, 418.
— äusserer 12, 17, 35, 420.
— Einheit des 14, 41, 461, 462.
— fester Leiter 9, 64.
— flüssiger Leiter 12.
— paralleler Leiter 14, 15, 91.
— der Lichtmaschinen 34 bis 37, 42, 49, 50, 80, 106, 415.
— gleicher Stoffe 36.
— Specifischer 9, 37.
— Berechnung des 37, 118, 415, 430 bis 436.
— der Flammenleiter 328.
— Messen des 38, 118, 412.
— Aenderung durch Temperaturen 10, 12, 40, 90, 91.
— Künstlicher 40.
— Aenderung durch schleifende Contacte 45.
— Abhängigkeit der Wärmeentwicklung vom 9, 21, 25.
— Bestimmung des inneren der Lichtmaschine 38, 118, 119, 415.
— Bestimmung im Lichtbogen 117.
— des Lichtbogens 51, 58, 64, 106, 117, 488.
— praktischer Lichtkreise 24, 127, 409.
— Aenderung durch den Lichtbogen 63, 64.
— des Inductors 50, 51, 52, 106, 236, 415.
— galvanischer Elemente 20.
— der Elektromagnete 51, 52, 106, 236, 405, 415.
— Abhängigkeit des Arbeitsaufwandes vom 51, 131, 132.
— Selbstthätig einschaltender 309, 326, 332.
— der elektrischen Lampe 321 bis 324.
— der Kohlen, siehe Kohle.

Zeiteinheit 7, 123, 460.
Zink, Amalgamiren 25.
— Verbrauch zur Strombildung im galvanischen Element 25.
— Wärmeentwicklung 97.

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MUENCHEN

Berichtigungen.

Seite 17. Die Anmerkung weiter zu lesen: Aehnlich sinkt die im Stromkreise herrschende elektromotorische Kraft (hier 639 — 0) innerhalb der Leitung, deren Widerständen proportional, auf Null; und die Differenz der Potentiale zweier Punkte des Kreises ist um so kleiner, je geringer der Widerstand zwischen denselben.

Seite 71 Zeile 2 von unten lies: nur statt um.
„ 155 „ 12 von oben lies: verändern statt begünstigen.
„ 168 „ 3 von unten lies: 3 statt 1,5.
„ 168 „ 1 von unten lies: 10,5 statt 12.
„ 196 „ 5 von unten lies: die Wörter „schwächen“ und „verstärken“ vertauschend.
„ 232 „ 3 von oben lies: die drei ersten Wörter vor „möglich“ einschaltend.
„ 237 „ 6 von oben lies: 1200 bis 1400 statt 1000.
„ 237 „ 9 von oben lies: 153 bis 179 statt 128.
„ 322 „ 5 von unten, vor „gegen“ einzuschalten: „in der Verbindung Fig. 131.“

Englands Ingenieure erkennen in der Elektricität den Schwerpunkt der Zukunftstechnik, und **Reuleaux** erblickt den Beginn des Jahrhunderts der Elektricität auch im Maschinenfache. **Siemens** und **andere Autoritäten** bezeichnen es als Bedürfniss der Praxis, dass sich die technische Jugend mehr als bisher mit den Elektricitätsanwendungen vertraut mache.

Die Anwendung der Elektricität im gewerblichen und industriellen Leben erweitert sich überraschend. Der älteste und ausgedehnteste Gebrauch liegt aber in der **elektrischen** Telegraphie, deren Erfahrungen die Grundlage für alle praktischen Anwendungen der Elektricität bildet.

Merling's Telegraphen-Technik (Hannover 1879) hat überall die beifälligste Aufnahme gefunden. 37 Fachschriften etc. haben sich sehr anerkennend darüber geäussert.

Zur Beurtheilung der Leistungen des Autors vorliegenden Werkes lassen wir einige Aeusserungen folgen:

Das **amtliche Organ** sämmtlicher Europäischen Telegraphen-Verwaltungen, **Journal télégraphique** Nr. 12, Bern 1878, sagt nach allgemeiner Verzeichnung des Inhalts:

Mais, si ce rapide sommaire peut donner à nos lecteurs un aperçu général de son oeuvre, il est insuffisant à en faire apprécier toute la valeur, disons plus, toute l'originalité. Bien que les traités de télégraphie soient forcément obligés de se mouvoir dans un même cercle d'idées, M. Merling nous prouve, en effet, une fois de plus, qu'on peut leur donner un caractère original en les impreignant de la personnalité de son esprit. Ayant été Directeur de circonscription des télégraphes allemands, avant de professer la télégraphie à Hanôvre, l'auteur est éminemment un homme d'expérience et c'est aussi un cachet profondément pratique qu'il a su imprimer à son oeuvre etc.

En résumé, l'ouvrage de M. Merling est essentiellement instructif et, grâce aux nombreux dessins très-simples, mais très-clairs, qui l'accompagnent, d'une lecture facile, n'exigeant aucune contention d'esprit etc.

Wochenschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins. Wien 1879, Nr. 20:

„Der reichhaltige Stoff ist systematisch geordnet und in klarer, leicht verständlicher Weise behandelt. Verfasser schreibt geistreich und mit scharfer Unterscheidungsgabe. Er verknüpft maassvoll Theorie und Praxis und begnügt sich nicht damit, die Einrichtungen zu beschreiben, sondern beurtheilt dieselben, gestützt auf vieljährige Erfahrung, auch nach ihrem praktischen Werthe.“ etc.

Neueste Erfindungen und Erfahrungen auf dem Gebiet der Technik. Wien 1879. S. 338:

„Wir haben es hier mit einem hervorragenden Werke zu thun, welches nicht den ephemeren Werth gewöhnlicher Darstellungen besitzt, sondern für den betreffenden Literaturzweig als ein geradezu klassisches bezeichnet werden darf. Der Verfasser, gleich vorzüglicher Theoretiker und Praktiker, führt überall in streng systematischer Behandlung und mit vollgewichtiger Begründung in das Wesen aller telegraphisch-technischen Fragen ein. — Das vortreffliche Werk ist für höhere Lehranstalten besonders geeignet und namentlich auch allen Technikern zu empfehlen. Der Erfolg der Selbstbelehrung daraus ist sicher.“ etc.

Romberg's Zeitschrift für Bauwesen. Berlin 1879. Nr. 15:

„Das umfangreiche, in der Ausstattung, des Drucks, der zahlreichen Holzschnitte etc. sehr gediegene Werk behandelt das ganze, weite Gebiet der Telegraphentechnik etc. — In richtiger Erkenntniss, dass hier nur das Neue und Beste Berechtigung habe, ist nur das Brauchbare derart gegeben, dass das auf wirklichem Verständniss beruhende Urtheil zu selbständigem Denken angeregt wird. Ganz besonders anzuerkennen ist die klare, bündige Art des Vortrags, welche, ohne der wissenschaftlichen Behandlung irgend etwas zu vergeben, das allgemeine Verständniss ermöglicht und so das Buch zum Selbststudium besonders geeignet macht.“ etc.

Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen. Berlin 1879. Nr. 27:

„Ein umfangreiches, mit riesigem Fleiss und voller Hingebung gearbeitetes Werk ist berufen, eine namhafte Lücke in der Telegraphenliteratur auszufüllen. — Alle Zweige sind in gleichmässiger Ausdehnung und streng systematischer Ordnung, sowie in gehöriger Begründung vom praktischen Standpunkte behandelt. — Dass der langjährige Chef der Deutschen Telegraphie sich höchst anerkennend darüber ausgesprochen, macht jede weitere Empfehlung überflüssig.“ etc.

Bayerisches Industrie- und Gewerbeblatt. München 1879. S. 229:

„Mit Einführung des Lehrstuhls über Telegraphie bei den technischen Hochschulen ist der Wunsch nach tüchtigen Lehrbüchern wachgerufen. Solches liegt hier vor. Verfasser hat die Anordnung des Stoffes sehr geschickt getroffen und ist in Auswahl und Zusammenstellung der Einzelheiten sehr glücklich gewesen, indem durch maassvolle Verschmelzung von Theorie und Praxis, und richtige Begrenzung des Stoffes, sowohl zu grosse Anhäufung wie Dürftigkeit vermieden sind. Dazu kommt die klare Schreibweise, so dass das Werk in jeder Beziehung volles Lob und volle Anerkennung verdient und sowohl als Lehrbuch für technische Hochschulen wie zum Selbststudium dringend zu empfehlen ist.“ etc.

Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig.

Elektricität und Magnetismus

von

Fleeming Jenkin.

Mit

besonderer Bewilligung des Autors

ins

Deutsche übertragen

von

Dr. Franz Exner,

a. ö. Professor der Physik an der Universität zu Wien.

Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh.

Preis 9 Mark.

Bericht

über die

wissenschaftlichen Apparate

auf der

Londoner internationalen Ausstellung

im

Jahre 1876.

Herausgegeben

von

A. W. Hofmann,

Vorsitzendem des deutschen Comités für die Ausstellung.

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. geh.

Preis 24 Mark.

Die galvanischen Elemente

von

Volta bis heute.

Eine

gemeinfassliche Abhandlung

nach der

„Traité élémentaire de la pile électrique“

par Alfred Niaudet.

Deutsch bearbeitet und mit Zusätzen versehen

von

W. Ph. Hauck.

Mit 95 in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh.

Preis 7 Mark.

Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig.

Die Lehre von der Elektricität

von

Gustav Wiedemann.

Zugleich als dritte völlig umgearbeitete Auflage der Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus.

Erster Band.

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen und zwei Tafeln.
gr. 8. geh. Preis 20 Mark.

Der elektromagnetische Telegraph

in

den Hauptstadien seiner Entwickelung und in seiner gegenwärtigen Ausbildung und Anwendung, nebst einem Anhange über den Betrieb der elektrischen Uhren.

Ein Handbuch

der

theoretischen und praktischen Telegraphie

für

Telegraphenbeamte, Physiker, Mechaniker und das gebildete Publicum

bearbeitet von

Dr. H. Schellen,

Director der Realschule erster Ordnung zu Cöln, Ritter des Rothen Adler-Ordens III. Klasse mit der Schleife, des Russischen St. Annen-Ordens III. Klasse, des Oesterreichischen Franz-Joseph-Ordens und des Ordens der Italienischen Krone.

Sechste

gänzlich umgearbeitete, bedeutend erweiterte und den neuesten Zuständen des Telegraphenwesens angepasste Auflage.

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. geh.
Erste Lieferung. Preis 3 Mark.

Technologisches Wörterbuch

in

englischer und deutscher Sprache.

Herausgegeben

von

Professor Gustav Eger.

In zwei Theilen.

Erster Theil. Englisch-Deutsch.

Lex-8. geh. Preis 9 Mark.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Merling, August,

Die elektrische Beleuchtung in systematischer Behandlung Construction und Betriebsverhältnisse der Lichtmaschinen, elektrischen Lampen und Kerzen ; für Ingenieure, Architekten, Industrielle und das gebildete Publikum

Braunschweig 1882

Techn. 24 stx-1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11888779-7